

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 2 月 6 日
Date of Application:

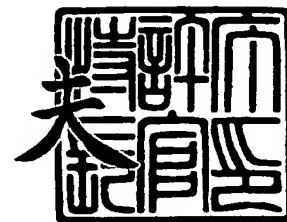
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 0 3 0 1 3 9
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 0 3 0 1 3 9]

出 願 人 セイコーエプソン株式会社
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 1 月 1 9 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康



【書類名】 特許願

【整理番号】 15P036

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H02N 2/00

【発明者】

 【住所又は居所】 長野県諏訪市大和 3 丁目 3 番 5 号 セイコーエプソン株式会社内

 【氏名】 宮澤 修

【特許出願人】

 【識別番号】 000002369

 【氏名又は名称】 セイコーエプソン株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100091292

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 増田 達哉

 【連絡先】 3 5 9 5 - 3 2 5 1

【選任した代理人】

 【識別番号】 100091627

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 朝比 一夫

 【連絡先】 3 5 9 5 - 3 2 5 1

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 007593

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

 【包括委任状番号】 0015134

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 駆動装置および稼動装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 少なくとも 1 つの被駆動体と、前記被駆動体を駆動する複数のアクチュエータとを備える駆動装置であって、

前記各アクチュエータは、電気／機械変換素子を備え、前記電気／機械変換素子に交流電圧を印加することにより振動して、前記被駆動体に駆動力を付与する振動体で構成されており、

前記各アクチュエータを互いに協調させて前記被駆動体を駆動することを特徴とする駆動装置。

【請求項 2】 前記各アクチュエータは、共通の被駆動体を駆動する請求項 1 に記載の駆動装置。

【請求項 3】 単一の被駆動体と、前記被駆動体を駆動する複数のアクチュエータとを備える駆動装置であって、

前記各アクチュエータは、電気／機械変換素子を備え、前記電気／機械変換素子に交流電圧を印加することにより振動して、前記被駆動体に駆動力を付与する振動体で構成されており、

前記各アクチュエータを互いに協調させて前記被駆動体を駆動することを特徴とする駆動装置。

【請求項 4】 前記複数のアクチュエータのうちの少なくとも 1 つについては、前記振動体は、前記被駆動体に当接して設けられ、前記振動により、前記被駆動体に力を繰り返し加えて前記被駆動体を直接駆動する請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の駆動装置。

【請求項 5】 前記複数のアクチュエータのうちの少なくとも 1 つは、前記被駆動体を間接的に駆動する請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載の駆動装置。

【請求項 6】 前記被駆動体と連動し、前記振動体に当接する少なくとも 1 つの移動体を有し、

前記複数のアクチュエータのうちの少なくとも 1 つについては、前記振動体は、前記振動により、前記移動体に力を繰り返し加えて前記移動体を駆動すること

によって、前記被駆動体を間接的に駆動する請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載の駆動装置。

【請求項 7】 前記移動体は、回転可能に設けられたロータである請求項 6 に記載の駆動装置。

【請求項 8】 前記移動体と前記被駆動体との間の動力伝達経路の途中に、減速器を有する請求項 6 または 7 に記載の駆動装置。

【請求項 9】 前記被駆動体は、回転可能に設けられたロータである請求項 1 ないし 8 のいずれかに記載の駆動装置。

【請求項 10】 前記協調には、前記複数のアクチュエータのうちの少なくとも 2 つを同期させて前記被駆動体を駆動する場合と、前記複数のアクチュエータのうちの少なくとも 2 つに位相差を持たせて前記被駆動体を駆動する場合と、前記複数のアクチュエータのうちの少なくとも 2 つを差動させて前記被駆動体を駆動する場合とのうちの少なくとも 1 つが含まれる請求項 1 ないし 9 のいずれかに記載の駆動装置。

【請求項 11】 前記差動には、前記複数のアクチュエータのうちの少なくとも 2 つをそれらの駆動速度に差を持たせて同一方向に駆動する場合と、前記複数のアクチュエータのうちの少なくとも 1 つを前記被駆動体の駆動方向に対して逆方向に駆動する場合と、前記複数のアクチュエータのうちの少なくとも 1 つを停止状態とする場合とのうちの少なくとも 1 つが含まれる請求項 10 に記載の駆動装置。

【請求項 12】 前記被駆動体を停止させる際、前記複数のアクチュエータのうちの少なくとも 2 つを差動させて前記被駆動体を駆動し、その後、駆動中の各アクチュエータを停止させるよう構成されている請求項 10 または 11 に記載の駆動装置。

【請求項 13】 前記複数のアクチュエータには、大出力の出力特性を有するメインアクチュエータと、小出力の出力特性を有するサブアクチュエータとの組み合わせが含まれ、前記メインアクチュエータと前記サブアクチュエータとを差動させて前記被駆動体を駆動するよう構成されている請求項 10 ないし 12 のいずれかに記載の駆動装置。

【請求項 14】 前記複数のアクチュエータのうちの少なくとも 1 つは、他のアクチュエータと異なる出力特性を有する請求項 1 ないし 13 のいずれかに記載の駆動装置。

【請求項 15】 前記電気／機械変換素子は、圧電素子である請求項 1 ないし 14 のいずれかに記載の駆動装置。

【請求項 16】 請求項 1 ないし 15 のいずれかに記載の駆動装置と、前記駆動装置により駆動制御される被制御体とを有することを特徴とする稼動装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、駆動装置および稼動装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来、直線運動や回転運動する移動体（被駆動体）を駆動するために用いられる駆動装置として、駆動源として超音波モータを用いた駆動装置が知られている。

この駆動装置は、交流電圧の印加で励振する振動体の振動を被駆動体に伝達し、この振動により、被駆動体をガイドに沿って移動させるよう構成されている（例えば、特許文献 1 参照）。

【0003】

しかしながら、前記従来の駆動装置では、超音波モータが 1 つしか設けられておらず、十分な駆動トルクを得ることができない。

また、例えば、通常駆動時や正逆反転駆動時等において、バックラッシュ等によるガタツキが生じ易く、これにより、被駆動体を目的の位置に正確に移動させることができないことがある。

【0004】

【特許文献 1】

特開平 11-187678 号公報

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

本発明の目的は、簡単な構造で、小型化に有利であり、大きな駆動トルクを得ることができる駆動装置および稼動装置を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】

このような目的は、下記の本発明により達成される。

本発明の駆動装置は、少なくとも1つの被駆動体と、前記被駆動体を駆動する複数のアクチュエータとを備え、

前記各アクチュエータは、電気／機械変換素子を備え、前記電気／機械変換素子に交流電圧を印加することにより振動して、前記被駆動体に駆動力を付与する振動体で構成されており、

前記各アクチュエータを互いに協調させて前記被駆動体を駆動することを特徴とする。

これにより、装置全体の小型化（薄型化）および軽量化を図ることができ、また、大きな駆動トルクが得られ、負荷（必要とされる駆動力）の増大に応じて駆動トルクを選択、調整を容易かつ確実に行うことができる。

【0007】

本発明の駆動装置では、前記各アクチュエータは、共通の被駆動体を駆動するのが好ましい。

これにより、負荷（必要とされる駆動力）が増大した場合に、より容易に対応することができる。

本発明の駆動装置は、単一の被駆動体と、前記被駆動体を駆動する複数のアクチュエータとを備え、

前記各アクチュエータは、電気／機械変換素子を備え、前記電気／機械変換素子に交流電圧を印加することにより振動して、前記被駆動体に駆動力を付与する振動体で構成されており、

前記各アクチュエータを互いに協調させて前記被駆動体を駆動することを特徴とする。

これにより、装置全体の小型化（薄型化）および軽量化を図ることができ、また、大きな駆動トルクが得られ、負荷（必要とされる駆動力）の増大に応じて駆動トルクの選択、調整を容易かつ確実に行うことができる。

【0008】

本発明の駆動装置では、前記複数のアクチュエータのうちの少なくとも1つについては、前記振動体は、前記被駆動体に当接して設けられ、前記振動により、前記被駆動体に力を繰り返し加えて前記被駆動体を直接駆動するのが好ましい。

これにより、部品点数を削減することができ、構造を簡素化することができる。

本発明の駆動装置では、前記複数のアクチュエータのうちの少なくとも1つは、前記被駆動体を間接的に駆動するのが好ましい。

これにより、種々の設計が可能になり、汎用性が広がる。

【0009】

本発明の駆動装置では、前記被駆動体と連動し、前記振動体に当接する少なくとも1つの移動体を有し、

前記複数のアクチュエータのうちの少なくとも1つについては、前記振動体は、前記振動により、前記移動体に力を繰り返し加えて前記移動体を駆動することによって、前記被駆動体を間接的に駆動するのが好ましい。

これにより、種々の設計が可能になり、汎用性が広がる。

【0010】

本発明の駆動装置では、前記移動体は、回転可能に設けられたロータであるのが好ましい。

これにより、駆動装置をより円滑に作動させることができる。

本発明の駆動装置では、前記移動体と前記被駆動体との間の動力伝達経路の途中に、減速器を有するのが好ましい。

これにより、さらに大きな駆動トルクを得ることができる。

本発明の駆動装置では、前記被駆動体は、回転可能に設けられたロータであるのが好ましい。

これにより、駆動装置をより円滑に作動させることができる。

【0011】

本発明の駆動装置では、前記協調には、前記複数のアクチュエータのうちの少なくとも2つを同期させて前記被駆動体を駆動する場合と、前記複数のアクチュエータのうちの少なくとも2つに位相差を持たせて前記被駆動体を駆動する場合と、前記複数のアクチュエータのうちの少なくとも2つを差動させて前記被駆動体を駆動する場合とのうちの少なくとも1つが含まれるのが好ましい。

前記同期させて前記被駆動体を駆動する場合は、駆動トルクをアクチュエータの個数に応じて増大（倍増）させることができる。

【0012】

また、前記位相差を持たせて前記被駆動体を駆動する場合は、駆動トルクを補充する（増大させる）ことができる。すなわち、所定のアクチュエータによる駆動トルクが限界値に達したとしても、そのアクチュエータに対し他のアクチュエータを時間（位相）をずらして駆動することによって、駆動トルクを補充することができる。

【0013】

また、前記差動させて前記被駆動体を駆動する場合は、対応するアクチュエータ間に拮抗力が発生し、例えば、バックラッシュ等によるガタツキ（例えば、通常駆動時のガタツキ、正逆反転動時のガタツキ）を防止することができ、被駆動体を目的の位置に、正確に移動（例えば、回転移動、直線的な移動）させることができる。

【0014】

本発明の駆動装置では、前記差動には、前記複数のアクチュエータのうちの少なくとも2つをそれらの駆動速度に差を持たせて同一方向に駆動する場合と、前記複数のアクチュエータのうちの少なくとも1つを前記被駆動体の駆動方向に対して逆方向に駆動する場合と、前記複数のアクチュエータのうちの少なくとも1つを停止状態とする場合とのうちの少なくとも1つが含まれるのが好ましい。

前記駆動速度に差を持たせて同一方向に駆動する場合は、対応するアクチュエータ間に拮抗力が発生し、例えば、バックラッシュ等によるガタツキを防止することができ、被駆動体を目的の位置に、正確に移動させることができる。

【0015】

また、前記少なくとも 1 つのアクチュエータを被駆動体の駆動方向に対して逆方向に駆動する場合は、対応するアクチュエータ間に拮抗力が発生し、例えば、被駆動体の減速や制動を容易かつ確実に行うことができるとともに、バックラッシュ等によるガタツキを防止することができ、被駆動体を目的の位置に、正確に移動させることができる。

また、前記少なくとも 1 つのアクチュエータを停止状態とする場合は、対応するアクチュエータ間に拮抗力が発生し、例えば、バックラッシュ等によるガタツキを防止することができ、被駆動体を目的の位置に、正確に移動させることができる。

【0016】

本発明の駆動装置では、前記被駆動体を停止させる際、前記複数のアクチュエータのうちの少なくとも 2 つを差動させて前記被駆動体を駆動し、その後、駆動中の各アクチュエータを停止させるよう構成されているのが好ましい。

これにより、対応するアクチュエータ間に拮抗力が発生し、例えば、バックラッシュ等によるガタツキを防止することができ、被駆動体を目的の位置に、正確に移動させることができる。

【0017】

本発明の駆動装置では、前記複数のアクチュエータには、大出力の出力特性を有するメインアクチュエータと、小出力の出力特性を有するサブアクチュエータとの組み合わせが含まれ、前記メインアクチュエータと前記サブアクチュエータとを差動させて前記被駆動体を駆動するよう構成されているのが好ましい。

これにより、メインアクチュエータとサブアクチュエータ間に拮抗力が発生し、例えば、バックラッシュ等によるガタツキを防止することができ、被駆動体を目的の位置に、正確に移動させることができる。

【0018】

本発明の駆動装置では、前記複数のアクチュエータのうちの少なくとも 1 つは、他のアクチュエータと異なる出力特性を有するのが好ましい。

これにより、種々の設計が可能になり、汎用性が広がる。

本発明の駆動装置では、前記電気／機械変換素子は、圧電素子であるのが好ましい。

【0019】

本発明の稼動装置は、本発明の駆動装置と、
前記本発明の駆動装置により駆動制御される被制御体とを有することを特徴とする。

これにより、装置全体の小型化（薄型化）および軽量化を図ることができ、また、大きな駆動トルクが得られ、負荷（必要とされる駆動力）の増大に応じて駆動トルクの選択、調整を容易かつ確実に行うことができる。

【0020】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の駆動装置および稼動装置を添付図面に示す好適実施形態に基づいて詳細に説明する。

（第1実施形態）

第1実施形態では、本発明の駆動装置をロボットアームの駆動装置に適用した場合、すなわち、本発明の稼動装置をロボットアームに適用した場合を例に挙げて説明する。

【0021】

図1は、本発明の駆動装置の第1実施形態を示す平面図、図2は、図1中のI-I線での断面図、図3は、アクチュエータを構成する振動体の斜視図、図4は、図3中のII-II線での断面図である。

図1および図2に示すように、駆動装置1は、板状のベース（基板）2と、ベース2の平面上に軸3を中心に正逆両方向に回転可能（回動可能）に設置された、例えば簡易ロボットにおけるアーム肘関節部を構成するロータ（被駆動体）4とを有する。ロータ4には、ロボットアーム本体（被制御体）200の一端側が取り付けられており（固着されており）、ロボットアーム本体200は、軸3を中心としてロータ4と一体的に回転（回動）する。このロボットアーム本体200と、駆動装置1とにより、ロボットアームが構成される。

【0022】

ロータ 4 の外周面には、第 1 のアクチュエータ 5 A および第 2 のアクチュエータ 5 B がそれぞれ設置されている。以下、「第 1 のアクチュエータ」および「第 2 のアクチュエータ」を単に「アクチュエータ」とも言う。

これら第 1、第 2 のアクチュエータ 5 A、5 B は、互いに協調して単一の（共通の）ロータ 4 を軸 3 を中心とする回転方向（駆動方向）A に回転駆動（回転制御）する。

【0023】

ここで、前記「協調」とは、第 1、第 2 のアクチュエータ 5 A、5 B 同士が、相互に関連し合う（所定の関係を持つ）ことであり、例えば、第 1、第 2 のアクチュエータ 5 A、5 B を同期させてロータ（被駆動体）4 を回転駆動（駆動）する場合、第 1、第 2 のアクチュエータ 5 A、5 B に位相差を持たせてロータ 4 を回転駆動する場合、第 1、第 2 のアクチュエータ 5 A、5 B を差動させてロータ 4 を回転駆動する場合等が挙げられる。

【0024】

また、前記「差動」としては、例えば、第 1、第 2 のアクチュエータ 5 A、5 B をそれらの駆動速度に差を持たせて同一方向に駆動する場合、第 1、第 2 のアクチュエータ 5 A、5 B のうちの一方をロータ 4 の回転方向（駆動方向）に対して逆方向に駆動する場合、第 1、第 2 のアクチュエータ 5 A、5 B の一方を停止状態とする場合等が挙げられる。

【0025】

第 1、第 2 のアクチュエータ 5 A、5 B には、取付アーム（腕部）6 が突出するように設けられている。これらの取付アーム 6 は、ベース 2 の平面上にボルト 7 にて互いに締結され、これにより、各アクチュエータ 5 A、5 B が支持される。各アクチュエータ 5 A、5 B は、ロータ 4 の外周面（周方向）に沿って配置されている。

【0026】

各アクチュエータ 5 A、5 B は、それぞれ、例えば矩形の板状をなす振動体 50 で構成される。この振動体 50 には、後述する振動伝達体としての凸部 51 が突出し、この凸部 51 は、ロータ 4 の外周面（当接部）に押圧状態で摩擦摺動可

能に接触（当接）している。

この凸部 51 は、ロータ 4 の外周面に対し、滑ることができる。従って、凸部 51 と、ロータ 4 の外周面とで、滑り機構が構成される。この滑り機構の構成により、過大な負荷が加わったとしても、破損を防止することができる。

【0027】

前記ロータ 4 および各アクチュエータ 5A、5B の構成部品は、それぞれ、ベース 2 上にユニット化されて組み付けられる。また、各アクチュエータ 5A、5B は、ベース 2 上のほぼ同一平面上に配置され、これにより、装置全体の小型化、特に薄型化と、軽量化とを図ることができる。

また、ロータ 4 の外周部には、ロータ 4 の回転量（移動量）を検出する回転量検出手段（移動量検出手段）としてのロータリエンコーダ 8 が設置されている。

【0028】

図 3 および図 4 に示すように、前記振動体 50 は、4 つの第 1 の電極 52a、52b、52c および 52d と、電気／機械変換素子（第 1 の電気／機械変換素子）としての第 1 の圧電素子 53 と、補強板 54 と、電気／機械変換素子（第 2 の電気／機械変換素子）としての第 2 の圧電素子 55 と、4 つの第 2 の電極 56a、56b、56c および 56d とを順に積層して構成されている。この場合、第 1 の電極 52a～52d、第 2 の電極 56a～56d は、第 1 の電極 52a～52d と、第 2 の電極 56a～56d とが、それぞれ、対応するように配置されている。

【0029】

第 1 の電極 52a、52c および第 2 の電極 56a、56c は、互いに電氣的に直列に接続され、これらにより、第 1 のグループ電極 57 を構成している。同様に、第 1 の電極 52b、52d および第 2 の電極 56b、56d もまた、互いに電氣的に直列に接続され、これらにより、第 2 のグループ電極 58 を構成している。第 1 および第 2 のグループ電極 57、58 は、後述する駆動制御回路に接続されている。

【0030】

第 1 および第 2 の圧電素子 53、55 は、補強板 54 の両面にそれぞれ設置（

固着)されており、これらに交流電圧が印加されると、第1および第2の圧電素子53、55は、長方形状をなす第1および第2の圧電素子53、55の長手方向Bに伸長・収縮する。

これらの圧電素子53、55の構成材料としては、特に限定されないが、例えばチタン酸ジルコニウム酸鉛(PZT)、水晶、ニオブ酸リチウム、チタン酸バリウム、チタン酸鉛、メタニオブ酸鉛、ポリフッ化ビニリデン、亜鉛ニオブ酸鉛、スカンジウムニオブ酸鉛等の各種のものが好適に用いられる。

【0031】

振動体50の第1および第2の圧電素子53、55に印加する交流電圧の周波数は、特に限定されないが、振動体50の振動(縦振動)の共振周波数とほぼ同程度であることが好ましい。これにより、振動体50の振幅が大きくなり、高い効率でロータ4を駆動することができる。

前記振動体50をより詳細に説明すると、振動体50においては、第1の圧電素子53を4つの長方形の領域にほぼ等しく分割(区分)し、分割された各領域に、第1の電極52a～52dがそれぞれ設置されている。同様にして、第2の圧電素子55もまた4つの領域に分割(区分)し、分割された各領域に、第2の電極56a～56dが第1の圧電素子53の第1の電極52a～52dに対して図3および図4中上下対称的にそれぞれ設置されている。

【0032】

また、第1および第2の圧電素子53、55間に介在された補強板54は、振動体50全体を補強する機能を有し、振動体50が過振幅、外力等によって損傷するのを防止する。補強板54の構成材料としては、特に限定されないが、例えばステンレス鋼、アルミニウムまたはアルミニウム合金、チタンまたはチタン合金、銅または銅系合金等の弾性を有する各種金属材料であるのが好ましい。

また、補強板54は、第1および第2の圧電素子53、55に対する共通の電極としての機能も有している。なお、補強板54は、アース(接地)されている。

この補強板54には、凸部51が一体的に形成されている。

補強板54の厚さは、第1および第2の圧電素子53、55の厚さよりも薄く

するのが好ましい。これにより、振動体 50、すなわち凸部 51 を高い効率で振動させることができる。

【0033】

ここで、第 1 のグループ電極 57 または第 2 のグループ電極 58 からの交流電圧が補強板 54 を介して第 1 の圧電素子 53 と第 2 の圧電素子 55 とに印加されると、第 1 および第 2 の圧電素子 53、55 は、所定方向に屈曲振動する。これら第 1 および第 2 の圧電素子 53、55 の屈曲振動に伴い、補強板 54 も屈曲振動し、これにより、凸部 51 は、長手方向 B に対して傾斜した斜めの方向に往復振動（往復運動）または楕円振動（楕円運動）する。このとき、非駆動状態（駆動停止状態）にある第 1 のグループ電極 57 または第 2 のグループ電極 58 は、後述するように、振動検出手段として利用される。

【0034】

なお、振動体 50 の取付アーム 6 は、凸部 51 と同様に補強板 54 と一体的に形成されており、その先端側の取付基部 61 には、ボルト 7 が挿入されるボルト挿入孔 62 が設けられている。この取付アーム 6 は、ベース 2 の平面上にボルト 7 にて締結され、これにより、振動体 50 が支持されるとともに、取付アーム 6 の弾力性（弾性）により、凸部 51 がロータ 4 の外周面に弾性的に押圧状態で接触（当接）する。

【0035】

ここで、前記振動体 50 の「電気／機械変換素子」とは、電気エネルギーが供給されることにより、変形する部材（部分）を有する素子を言う。

なお、本実施形態では、電気／機械変換素子として、圧電素子を用いているが、本発明では、これに限定されない。他の電気／機械変換素子としては、例えば、形状記憶素子、磁歪素子、人工筋肉等が挙げられる。

【0036】

図 5 は、アクチュエータの駆動制御回路の構成例を示すブロック図である。

なお、第 1 のアクチュエータ 5A の駆動制御回路と、第 2 のアクチュエータ 5B の駆動制御回路とは、その構成が同様であるので、ここでは代表的に一方の駆動制御回路を説明する。

駆動制御回路は、振動体 50 が接続されるスイッチング回路 9 と駆動回路 10 とで構成されている。スイッチング回路 9 は、互いに連動する第 1 の切換スイッチ部 90A と第 2 の切換スイッチ部 90B とを有する。

【0037】

第 1 の切換スイッチ部 90A は、振動体 50 の第 1 のグループ電極 57 が接続される端子 91 および一对の切換端子 92、93 を有する。同様に、第 2 の切換スイッチ部 90B は、振動体 50 の第 2 のグループ電極 58 が接続される端子 94 および一对の切換端子 95、96 を有する。

すなわち、スイッチング回路 9 は、通電による交流電圧の印加により第 1 および第 2 の圧電素子 53、55 を屈曲振動させるグループ電極と、非駆動状態を維持させることにより振動検出手段として利用するグループ電極とに切り換える。

【0038】

一方、駆動回路 10 は、発振回路 101、増幅回路 102 および移動量制御回路 103 を備えている。発振回路 101 の入力側は、第 1 の切換スイッチ部 90A の切換端子 93 および第 2 の切換スイッチ部 90B の切換端子 95 にそれぞれ接続される。また、増幅回路 102 の出力側は、第 1 の切換スイッチ部 90A の切換端子 92 および第 2 の切換スイッチ部 90B の切換端子 96 にそれぞれ接続される。

【0039】

スイッチング回路 9 には、ロータ 4 の回転方向（移動方向）A が指示される。このスイッチング回路 9 は、ロータ 4 に対する回転方向 A の指示情報に基づいて、振動体 50 の第 1 のグループ電極 57 または第 2 のグループ電極 58 を選択的に切換え、通電させる。これにより、第 1 および第 2 の圧電素子 53、55 に交流電圧が、発振回路 101 および増幅回路 102 を介して印加され、第 1 および第 2 の圧電素子 53、55 および補強板 54 は所定方向に屈曲振動し、凸部 51 が長手方向 B に対して傾斜した斜めの方向に往復振動または楕円振動する。

【0040】

この凸部 51 の振動により、ロータ 4 に力が繰り返し加えられ、そのロータ 4 が回転駆動される。このロータ 4 の回転方向 A は、第 1 の切換スイッチ部 90A

および第2の切換スイッチ部90Bによる第1のグループ電極57または第2のグループ電極58の切り換えにて正方向（時計回り）A1または逆方向（反時計回り）A2に切り換えられる。

【0041】

移動量制御回路103には、ロータ4の外周部に設置された移動量検出手段としてのロータリエンコーダ8が接続される。ロータリエンコーダ8は、複数のスリットが一定間隔で形成されたスリット回転板81と、発光部および受光部を有するセンサ82とで構成される。スリット回転板81は、ロータ4と一体的に回転する。

【0042】

この場合、センサ82としては、例えばフォトリフレクタやフォトインタラプタ等が好適に用いられる。フォトリフレクタは、スリット回転板81の外周部に向けて光を照射する発光素子と、スリット回転板81にて反射した光（反射光）を受光する受光素子（光電変換素子）とで構成される。一方、フォトインタラプタは、スリット回転板81の外周部へ向けて光を照射する発光素子と、スリット回転板81を透過した光（透過光）を受光する受光素子（光電変換素子）とで構成される。

【0043】

移動量制御回路103には、予め、目標とするロータ4の回転量（移動量）が指示される。ロータ4が回転すると、ロータリエンコーダ8のスリット回転板81がロータ4と一体的に回転する。このスリット回転板81の回転量は、ロータ4の回転量に対応する。ロータ4の回転に伴って、センサ82からは、スリット回転板81の回転量に応じたパルス信号が出力され、このパルス信号は、移動量制御回路103に入力される。このとき、移動量制御回路103は、センサ82からのパルス信号を計数し、この計数値に基づいて、ロータ4の回転量を求める。また、ロータ4の回転速度は、センサ82からのパルスの周期または所定時間内のパルス数に基づいて求めることができる。

【0044】

移動量制御回路103は、ロータリエンコーダ8にて検出されたロータ4の回

転量と、指示された目標とするロータ 4 の回転量とを比較し、これらが一致するように、ロータ 4 の回転（駆動）を制御する。

このようにして、図 1 に示すように、ロータ 4 が、正方向（時計回り）A 1 または逆方向（反時計回り）A 2 に所定量回転する。すなわち、ロボットアーム本体 200 が時計周り方向 C 1 または反時計周り方向 C 2 に所定量回転駆動される。

なお、移動量検出手段としては、上記したロータリエンコーダ 8 のような光学的な検出手段に限らず、磁気的な検出手段であってもよい。

【0045】

次に、前記駆動装置 1 の作用を説明する。

電源スイッチ（図示せず）がオンの状態において、スイッチング回路 9 にロータ 4 の回転方向 A の指示があると、それに基づいて、第 1 および第 2 の切換スイッチ部 90 A、90 B が連動して作動する。また、駆動回路 10 の移動制御回路 103 にロータ 4 の回転量の指示があると、それに基づいて、増幅回路 102 等が制御される。

【0046】

ロータ 4 の回転方向 A が時計回り（正方向 A 1）に指示された場合には、第 1 の切換スイッチ部 90 A の端子 91 と切換端子 93 が接続し、第 2 の切換スイッチ部 90 B の端子 94 と切換端子 96 が接続する。このスイッチング回路 9 の切り換えにより、駆動回路 10 の増幅回路 102 の出力側と、振動体 50 の第 2 のグループ電極 58 とが導通し、第 1 のグループ電極 57 と、駆動回路 10 の発振回路 101 の入力側とが導通する。これにより、発振回路 101 から出力される交流電圧が、移動量制御回路 103 の指示に基づいて増幅回路 102 にて増幅制御される。

【0047】

このように、増幅回路 102 により増幅された交流電圧は、第 2 のグループ電極 58 を構成する電極 52 b、52 d、56 b および 56 d と、補強板 54 との間に印加される。これにより、第 1 および第 2 の圧電素子 53、55 の電極 52 b、52 d、56 b および 56 d に対応する部分がそれぞれ繰り返し伸縮し、そ

の第1および第2の圧電素子53、55および補強板54は、屈曲振動する。このような第1および第2の圧電素子53、55および補強板54の屈曲振動により、凸部51は、長手方向Bに対して傾斜した斜めの方向に往復振動または楕円振動する。この凸部51の振動により、ロータ4に摩擦力（押圧力）が繰り返し加えられ、ロータ4が直接回転駆動される。すなわち、ロータ4は、凸部51の振動により、その凸部51に対し摩擦摺動し、時計回り（正方向A1）に回転する。このロータ4の回転により、ロボットアーム本体200は反時計周り方向C2（図1参照）に回転する。

【0048】

このとき、第1のグループ電極57は、非駆動状態（駆動停止状態）にある。これら第1のグループ電極57を構成する電極52a、52c、56aおよび56cは、それぞれ検出電極（振動検出手段）となり、各電極52a、52c、56aおよび56cと、補強板54との間に電圧（誘起電圧）が誘起される。この誘起電圧は、発振回路101に検出電圧として入力される。そして、発振回路101では、入力された検出電圧に基づいて、振動体50の振幅が最大、すなわち、検出電圧が最大になるような周波数（共振周波数）の交流電圧を出力する。これにより、ロータ4を効率良く回転させることが可能になる。

【0049】

移動量制御回路103は、ロータリエンコーダ（移動量検出手段）8による検出値（ θ_m :実測値）と、予め指示されたロータ4の回転量（ θ :目標値）とに基づいて各グループ電極57、58への通電を制御する。

すなわち、ロータリエンコーダ8から移動量制御回路103にパルス信号が入力されると、上述したように、移動量制御回路103は、入力されたパルスを計数し、その計数値（パルス数）に基づいて、ロータ4の回転量（ θ_m ）を求め、この回転量の実測値（ θ_m ）と、予め指示されたロータ4の回転量の目標値（ θ ）とを比較し、これらの差（ $\theta - \theta_m$ ）を求める。そして、ロータ4の実測値（ θ_m ）が、予め指示されたロータ4の目標値（ θ ）と一致するまで、すなわち、ロータ4の実測値（ θ_m ）と目標値（ θ ）との差（ $\theta - \theta_m$ ）がなくなる（ $\theta - \theta_m = 0$ ）まで、各アクチュエータ5A、5Bの振動体50を互いに協調させて

ロータ 4 を回転駆動させる。このようにして、ロータ 4 の時計回り（正方向 A 1）の回転駆動が制御される。

【0050】

一方、スイッチング回路 9 にロータ 4 の回転方向 A が反時計回り（逆方向 A 2）に指示された場合には、第 1 の切換スイッチ部 90 A の端子 91 と切換端子 92 が接続し、第 2 の切換スイッチ部 90 B の端子 94 と切換端子 95 が接続する。このスイッチング回路 9 の切り換えにより、駆動回路 10 の増幅回路 102 の出力側と、振動体 50 の第 1 のグループ電極 57 とが導通し、第 2 のグループ電極 58 と、駆動回路 10 の発振回路 101 の入力側とが導通する。以降の動作は、上述したロータ 4 の回転方向 A が時計回り（正方向 A 1）に指示された場合と同様であるため、その説明は省略する。

【0051】

ここで、本実施形態の駆動装置 1 は、第 1、第 2 のアクチュエータ 5 A、5 B を同期させてロータ（被駆動体）4 を回転駆動（駆動）する第 1 の協調モードと、第 1、第 2 のアクチュエータ 5 A、5 B に位相差を持たせてロータ 4 を回転駆動する第 2 の協調モードと、第 1、第 2 のアクチュエータ 5 A、5 B を差動させてロータ 4 を回転駆動する第 3 の協調モードとを有している。

【0052】

前記第 3 の協調モードには、第 1、第 2 のアクチュエータ 5 A、5 B をそれらの駆動速度に差を持たせて同一方向に駆動するモード（第 1 の差動モード）と、第 1、第 2 のアクチュエータ 5 A、5 B のうちの一方をロータ 4 の回転方向（駆動方向）に対して逆方向に駆動するモード（第 2 の差動モード）と、第 1、第 2 のアクチュエータ 5 A、5 B の一方を停止状態とするモード（第 3 の差動モード）とが含まれている。

【0053】

この駆動装置 1 により、ロータ 4（ロボットアーム本体 200）の回転駆動を制御する際は、駆動装置 1 は、これらの各モードのうちから、所定の 1 または 2 以上のモードを選択し、それを実行する。これにより、ロータ 4（ロボットアーム本体 200）の回転駆動を最適に行うことができる。なお、2 以上のモードを

選択した場合、それを同時に実行する場合と、別々に（時間をずらして）実行する場合とがある。

【0054】

前記第1の協調モードでは、第1、第2のアクチュエータ5A、5Bを同期させることにより、1つのアクチュエータを駆動する場合に比べ、駆動トルクを増大（倍増）させることができ、ロボットアーム本体200の負荷の増大に応じて駆動トルクの調整を容易に行うことができる。

前記第2の協調モードでは、第1、第2のアクチュエータ5A、5Bに位相差を持たせることにより、駆動トルクを補充する（増大させる）ことができる。すなわち、第1、第2のアクチュエータ5A、5Bのうち的一方のみを駆動し、その駆動トルクが限界値に達したとしても、他方を時間（位相）をずらして駆動することによって、駆動トルクを補充することができる。

【0055】

前記第3の協調モードでは、第1、第2のアクチュエータ5A、5Bを差動させることにより、第1、第2のアクチュエータ5A、5B間に拮抗力が発生する。すなわち、前記第1の差動モードでは、第1、第2のアクチュエータ5A、5Bの駆動速度に差を持たせることにより、前記第2の差動モードでは、第1、第2のアクチュエータ5A、5Bのうち的一方を逆方向に駆動することにより、前記第3の差動モードでは、アクチュエータ5A、5Bの一方を停止状態とすることにより、それぞれ、第1、第2のアクチュエータ5A、5B間に拮抗力が発生する。これにより、例えば、バックラッシュ等によるガタツキ（例えば、通常駆動時のガタツキ、正逆反転動時のガタツキ）を防止することができ、ロータ4を目的の位置に、正確に回転（回転移動）させることができる。そして、前記第2の差動モードでは、さらに、ロータ4の減速や制動を容易かつ確実に行うことができる。

【0056】

また、この駆動装置1では、ロータ4を停止させる際、前記第3の協調モードに設定し、第1、第2のアクチュエータ5A、5Bを差動させてロータ4を回転駆動し（特に、前記第2の差動モードに設定し、第1、第2のアクチュエータ5

A、5 Bのうちの一方を逆方向に駆動し)、その後、駆動中の第1、第2のアクチュエータ5 A、5 Bを停止させるよう構成されているのが好ましい。

これにより、第1、第2のアクチュエータ5 A、5 B間に拮抗力が発生し、例えば、バックラッシュ等によるガタツキを防止することができ、被駆動体を目的の位置に、正確に移動させることができる。特に、前記第2の差動モードに設定する場合には、ロータ4の減速や制動をより容易かつ確実に行うことができる。

【0057】

また、この駆動装置1では、第1のアクチュエータ5 Aと第2のアクチュエータ5 Bの出力特性は、同一でもよく、また、異なっているもよい。

例えば、第1、第2のアクチュエータ5 A、5 Bのうちの一方を大出力の出力特性を有するメインアクチュエータとし、他方を小出力の出力特性を有するサブアクチュエータとすることができる。

この場合、前記第3の協調モードに設定し、メインアクチュエータとサブアクチュエータとを差動させてロータ4を回転駆動するよう構成されているのが好ましい。

【0058】

これにより、メインアクチュエータとサブアクチュエータ間に拮抗力が発生し、例えば、バックラッシュ等によるガタツキを防止することができ、ロータ4を目的の位置に、正確に回転移動させることができる。

また、ロータ4を停止させる際、前記第2の差動モードに設定しサブアクチュエータを逆方向に駆動し、その後、駆動中のメインアクチュエータおよびサブアクチュエータを停止させるよう構成されているのが好ましい。

これにより、ロータ4の減速や制動をより容易かつ確実に行うことができる。

【0059】

図6～図9は、それぞれ、前記各協調モードのうちの所定のモードを含むロータ4の駆動制御の代表的な具体例を示すフローチャートであり、以下、図6～図9のフローチャートに基づいて、ロータ4（ロボットアーム本体200）の駆動制御を説明する。

図6は、第1、第2のアクチュエータ5 A、5 B間に位相差を持たせ、かつ第

1、第2のアクチュエータ5A、5Bを同期させる第1および第2の協調モードと、第1、第2のアクチュエータ5A、5Bを差動させる第3の協調モード、すなわち、第2のアクチュエータ5Bを停止状態とする第3の差動モードとを含むロータ4の駆動制御を示すフローチャートである。

【0060】

まず、ステップS1において、駆動回路10のスイッチング回路9には、予めロータ4の回転方向Aが、例えば正方向A1に指示される。また、移動量制御回路103には、予めロータ4の目標回転量(θ)、すなわち、ロボットアーム本体200の目標回転量(θ)が指示される。次いで、ステップS2へ移行する。

ステップS2では、ロータ4の回転駆動により実測されたロータリエンコーダ8からのロータ4の回転量(θ_m)と、ロータ4の目標回転量(θ)との間に差($\theta - \theta_m$)が「有る」か「無い」かの判定が行われる。換言すれば、ロータ4の回転位置が目標値(θ)である正規の回転位置に達したか否か、すなわち、ロボットアーム本体200が目標位置に達したか否かの判定が行われる。

ステップS2において、ロータ4の回転量の実測値(θ_m)と目標値(θ)に差が「有る($\theta - \theta_m \neq 0$)」と判断された場合には、ステップS3に移行する。

【0061】

ステップS3では、前記ステップS1における指示に基づいて、第1のアクチュエータ5Aが駆動する。すなわち、第1のアクチュエータ5Aの振動体50は、発振回路101および増幅回路102により制御された印加電圧に基づいて駆動し、ロータ4を正方向A1に回転駆動(正転)させる。このとき、第2のアクチュエータ5Bの振動体50は、非駆動状態(駆動停止状態)を維持している。このため、ロータ4が回転すると、ロータ4の外周面に押圧状態で接触する第2のアクチュエータ5Bの凸部51は、ロータ4の外周面に対し、第1のアクチュエータ5Aと反対方向の摩擦力を与えつつ、滑る。これにより、ロータ4には、その回転方向A1に抗する拮抗力が付与され、この拮抗力により、ロータ4およびロボットアーム本体200のガタツキ(例えば、バックラッシュ等によるガタツキ)が防止され、ロボットアーム本体200の正確な位置決めが行える。

【0062】

次いで、ステップS4に移行する。このステップS4では、ロータ4の回転量(θ_m)に変化が「有る」か「無い」か、つまり、ロータ4の回転が停止しているか否かの判定が行われる。

ステップS4において、ロータ4の回転量(θ_m)に変化が「有る」と判断された場合には、ステップS2に再び戻り、上述したステップS2以降が実行される。

【0063】

そして、ステップS2において、ロータ4の回転量の実測値(θ_m)と目標値(θ)に差が「無い($\theta - \theta_m = 0$)」と判断された場合には、第1のアクチュエータ5Aの駆動が停止され、ロータ4は停止する。これにより、ロータ4の回転位置が目標値(θ)である正規の回転位置に達し、ロボットアーム本体200が目標位置に位置する。そして、第1のアクチュエータ5Aおよび第2のアクチュエータ5Bの各凸部51は、ロータ4の外周面に押圧状態で接触し、これにより、ロータ4の回転が阻止(防止)され、ロボットアーム本体200が目標位置に保持される。

【0064】

一方、ステップS4で、ロータ4の回転量(θ_m)に変化が「無い」と判断された場合、つまり、ロータ4が始動しない場合や、ロータ4が何らかの原因で停止した場合には、ステップS5に移行する。この場合、ロータ4の回転量(θ_m)に変化が「無い」と判断される要因には、例えば、第1のアクチュエータ5Aのみによる駆動トルク(駆動力)がロボットアーム本体200の負荷に耐えられず、ロータ4が駆動トルク不足により一時的に停止すること等が挙げられる。

【0065】

ステップS5では、第2のアクチュエータ5Bの振動体50が、発振回路101および増幅回路102により制御された印加電圧に基づいて、第1のアクチュエータ5Aと同期するように駆動される。この第2のアクチュエータ5Bの駆動により、駆動トルクが補われ、ロータ4に対する駆動トルクが倍増する。これにより、ロボットアーム本体200の負荷に対するロータ4の駆動トルク不足が解

消され、第1のアクチュエータ5Aと第2のアクチュエータ5Bとが同期してロータ4を回転駆動する。次いで、ステップS2に再び戻り、上述したステップS2以降が実行される。

そして、ステップS2において、ロータ4の回転量の実測値(θ_m)と目標値(θ)に差が「無い($\theta - \theta_m = 0$)」と判断された場合には、第1のアクチュエータ5Aおよび第2のアクチュエータ5Bの駆動が停止され、ロータ4は停止する。

【0066】

一方、ステップS2において、ロータ4の回転量の実測値(θ_m)と目標値(θ)に差が「有る($\theta - \theta_m \neq 0$)」と判断され、かつ、ステップS4において、ロータ4の回転量(θ_m)に変化が「無い」と判断された場合には、例えば停止の指示があるまで、第1、第2のアクチュエータ5A、5Bを同期させて駆動し続ける。

【0067】

以上の説明は、ロータ4の初期回転方向Aの設定を正方向A1に設定してロボットアーム本体200を時計回り方向C1(図1参照)に回転させる場合であるが、ロボットアーム本体200を反時計回り方向C2(図1参照)に回転させる場合は、ロータ4の初期回転方向Aを逆方向A2に設定する。ロータ4の初期回転方向Aを逆方向A2に設定した場合は、前記正方向A1に設定した場合に対し、正逆反転すれば同様な駆動動作であるため、その説明は省略する。

なお、前記ステップS5において、第1、第2のアクチュエータ5A、5Bの駆動速度に差を持たせてロータ4を回転駆動させてもよい。これにより、ロータ4に拮抗力が発生し、ロータ4およびロボットアーム本体200のガタツキが防止され、ロボットアーム本体200の正確な位置決めが行える。

【0068】

また、第1のアクチュエータ5Aと第2のアクチュエータ5Bの出力特性は、同一でもよく、また、異なってもよい。

また、先に駆動する第1のアクチュエータ5Aを大出力の出力特性を有するメインアクチュエータとし、後から駆動する第2のアクチュエータ5Bを小出力の

出力特性を有するサブアクチュエータとしてもよい。

【0069】

図7は、第1、第2のアクチュエータ5A、5B間に位相差を持たせ、かつ第1、第2のアクチュエータ5A、5Bを同期させる第1および第2の協調モードと、第1、第2のアクチュエータ5A、5Bを差動させる第3の協調モード、すなわち、第2のアクチュエータ5Bを逆方向に駆動する第2の差動モードおよび第2のアクチュエータ5Bを停止状態とする第3の差動モードとを含むロータ4の駆動制御を示すフローチャートである。

【0070】

図6に示すロータ4の駆動制御と同様に、まず、ステップS11において、駆動回路10のスイッチング回路9には、予めロータ4の回転方向Aが、例えば正方向A1に指示される。また、移動量制御回路103には、予めロータ4の目標回転量(θ)、すなわち、ロボットアーム本体200の目標回転量(θ)が指示される。次いで、ステップS12へ移行する。

【0071】

ステップS12では、ロータ4の回転駆動により実測されたロータリエンコーダ8からのロータ4の回転量(θ_m)と、ロータ4の目標回転量(θ)との間に差($\theta - \theta_m$)が「有る」か「無い」かの判定が行われる。換言すれば、ロータ4の回転位置が目標値(θ)である正規の回転位置に達したか否か、すなわち、ロボットアーム本体200が目標位置に達したか否かの判定が行われる。

ステップS12において、ロータ4の回転量の実測値(θ_m)と目標値(θ)に差が「有る($\theta - \theta_m \neq 0$)」と判断された場合には、ステップS14に移行する。

【0072】

ステップS14では、前記ステップS11における指示に基づいて、第1のアクチュエータ5Aが駆動する。すなわち、第1のアクチュエータ5Aの振動体50は、発振回路101および増幅回路102により制御された印加電圧に基づいて駆動し、ロータ4を正方向A1に回転駆動(正転)させる。このとき、第2のアクチュエータ5Bの振動体50は、非駆動状態(駆動停止状態)を維持してい

る。このため、ロータ 4 が回転すると、ロータ 4 の外周面に押圧状態で接触する第 2 のアクチュエータ 5 B の凸部 5 1 は、ロータ 4 の外周面に対し、第 1 のアクチュエータ 5 A と反対方向の摩擦力を与えつつ、滑る。これにより、ロータ 4 には、その回転方向 A 1 に抗する拮抗力が付与され、この拮抗力により、ロータ 4 およびロボットアーム本体 200 のガタツキが防止され、ロボットアーム本体 200 の正確な位置決めが行える。

【0073】

次いで、ステップ S 15 に移行する。このステップ S 15 では、ロータ 4 の回転量 (θm) に変化が「有る」か「無い」か、つまり、ロータ 4 の回転が停止しているか否かの判定が行われる。

ステップ S 15 において、ロータ 4 の回転量 (θm) に変化が「有る」と判断された場合には、ステップ S 12 に再び戻り、上述したステップ S 12 以降が実行される。

そして、ステップ S 12 において、ロータ 4 の回転量の実測値 (θm) と目標値 (θ) に差が「無い ($\theta - \theta m = 0$)」と判断された場合には、ステップ S 13 に移行する。

【0074】

ステップ S 13 では、第 2 のアクチュエータ 5 B の振動体 50 が、発振回路 101 および増幅回路 102 により制御された印加電圧に基づいて、第 1 のアクチュエータ 5 A の振動体 50 と逆方向に駆動される。これにより、第 2 のアクチュエータ 5 B は、ロータ 4 に対し、逆方向 A 2 の駆動トルクを付与する。

そして、第 1 のアクチュエータ 5 A および第 2 のアクチュエータ 5 B の駆動が停止され、ロータ 4 は停止する。これにより、ロータ 4 の回転位置が目標値 (θ) である正規の回転位置に達し、ロボットアーム本体 200 が目標位置に位置する。また、第 1 のアクチュエータ 5 A および第 2 のアクチュエータ 5 B の各凸部 5 1 は、ロータ 4 の外周面に押圧状態で接触し、これにより、ロータ 4 の回転が阻止（防止）され、ロボットアーム本体 200 が目標位置に保持される。

【0075】

また、ロータ 4 を停止させる際、第 2 のアクチュエータ 5 B を第 1 のアクチュ

エータ 5 A と逆方向に駆動し、その後、第 1 のアクチュエータ 5 A および第 2 のアクチュエータ 5 B を停止させるので、ロータ 4 に拮抗力が発生し、ロータ 4 およびロボットアーム本体 200 のガタツキが防止される。これにより、再度、ロータ 4 を回転駆動する際、例えば、バックラッシュ等によるロータ 4 およびロボットアーム本体 200 のガタツキが防止され、ロボットアーム本体 200 の正確な位置決めが行える。

また、第 2 のアクチュエータ 5 B を第 1 のアクチュエータ 5 A と逆方向に駆動するので、ロータ 4 の制動を容易かつ確実に行うことができる。

【0076】

一方、ステップ S 15 で、ロータ 4 の回転量 (θ_m) に変化が「無い」と判断された場合、つまり、ロータ 4 が始動しない場合や、ロータ 4 が何らかの原因で停止した場合には、ステップ S 16 に移行する。この場合、ロータ 4 の回転量 (θ_m) に変化が「無い」と判断される要因には、例えば、第 1 のアクチュエータ 5 A のみによる駆動トルク (駆動力) がロボットアーム本体 200 の負荷に耐えられず、ロータ 4 が駆動トルク不足により一時的に停止すること等が挙げられる。

【0077】

ステップ S 16 では、第 2 のアクチュエータ 5 B の振動体 50 が、発振回路 101 および増幅回路 102 により制御された印加電圧に基づいて、第 1 のアクチュエータ 5 A と同期するようにロータ 4 の正方向 A1 に駆動される。この第 2 のアクチュエータ 5 B の駆動により、駆動トルクが補われ、ロータ 4 に対する駆動トルクが倍増する。これにより、ロボットアーム本体 200 の負荷に対するロータ 4 のトルク不足が解消され、第 1 のアクチュエータ 5 A と第 2 のアクチュエータ 5 B とが同期してロータ 4 を回転駆動する。次いで、ステップ S 12 に再び戻り、上述したステップ S 12 以降が実行される。

【0078】

そして、ステップ S 12 において、ロータ 4 の回転量の実測値 (θ_m) と目標値 (θ) に差が「無い ($\theta - \theta_m = 0$) 」と判断された場合には、ステップ S 13 にて、第 2 のアクチュエータ 5 B の正転駆動を逆転駆動に反転させる。そして

、第1のアクチュエータ5Aおよび第2のアクチュエータ5Bの駆動が停止され、ロータ4は停止する。

【0079】

一方、ステップS12において、ロータ4の回転量の実測値(θ_m)と目標値(θ)に差が「有る($\theta - \theta_m \neq 0$)」と判断され、かつ、ステップS15において、ロータ4の回転量(θ_m)に変化が「無い」と判断された場合には、例えば停止の指示があるまで、第1、第2のアクチュエータ5A、5Bを同期させて駆動し続ける。

【0080】

以上の説明は、ロータ4の初期回転方向Aの設定を正方向A1に設定してロボットアーム本体200を時計回り方向C1(図1参照)に回転させる場合であるが、ロボットアーム本体200を反時計回り方向C2(図1参照)に回転させる場合は、ロータ4の初期回転方向Aを逆方向A2に設定する。ロータ4の初期回転方向Aを逆方向A2に設定した場合は、前記正方向A1に設定した場合に対し、正逆反転すれば同様な駆動動作であるため、その説明は省略する。

なお、前記ステップS16において、第1、第2のアクチュエータ5A、5Bの駆動速度に差を持たせてロータ4を回転駆動させてもよい。これにより、ロータ4に拮抗力が発生し、ロータ4およびロボットアーム本体200のガタツキが防止され、ロボットアーム本体200の正確な位置決めが行える。

【0081】

また、第1のアクチュエータ5Aと第2のアクチュエータ5Bの出力特性は、同一でもよく、また、異なってもよい。

また、先に駆動する第1のアクチュエータ5Aを大出力の出力特性を有するメインアクチュエータとし、後から駆動する第2のアクチュエータ5Bを小出力の出力特性を有するサブアクチュエータとしてもよい。

【0082】

図8は、第1、第2のアクチュエータ5A、5B間に位相差を持たせ、かつ第1、第2のアクチュエータ5A、5Bを同期させる第1および第2の協調モードと、第1、第2のアクチュエータ5A、5Bを差動させる第3の協調モード、す

なわち、第2のアクチュエータ5Bを停止状態とする第3の差動モードとを含むロータ4の駆動制御を示すフローチャートである。

ここでは、第1のアクチュエータ5Aを大出力の出力特性を有するメインアクチュエータとし、第2のアクチュエータ5Bを小出力の出力特性を有するサブアクチュエータとして、以下説明する。

【0083】

図6に示すロータ4の駆動制御と同様に、まず、ステップS21において、駆動回路10のスイッチング回路9には、予めロータ4の回転方向Aが、例えば正方向A1に指示される。また、移動量制御回路103には、予めロータ4の目標回転量(θ)、すなわち、ロボットアーム本体200の目標回転量(θ)が指示される。次いで、ステップS22へ移行する。

【0084】

ステップS22では、ロータ4の回転駆動により実測されたロータリエンコーダ8からのロータ4の回転量(θ_m)と、ロータ4の目標回転量(θ)との間に差($\theta - \theta_m$)が「有る」か「無い」かの判定が行われる。換言すれば、ロータ4の回転位置が目標値(θ)である正規の回転位置に達したか否か、すなわち、ロボットアーム本体200が目標位置に達したか否かの判定が行われる。

ステップS22において、ロータ4の回転量の実測値(θ_m)と目標値(θ)に差が「有る($\theta - \theta_m \neq 0$)」と判断された場合には、ステップS23に移行する。

【0085】

ステップS23では、前記ステップS21における指示に基づいて、第1のアクチュエータ5Aが駆動する。すなわち、第1のアクチュエータ5Aの振動体50は、発振回路101および増幅回路102により制御された印加電圧に基づいて駆動し、ロータ4を正方向A1に回転駆動(正転)させる。このとき、第2のアクチュエータ5Bの振動体50は、非駆動状態(駆動停止状態)を維持している。このため、ロータ4が回転すると、ロータ4の外周面に押圧状態で接触する第2のアクチュエータ5Bの凸部51は、ロータ4の外周面に対し、第1のアクチュエータ5Aと反対方向の摩擦力を与えつつ、滑る。これにより、ロータ4に

は、その回転方向 A 1 に抗する拮抗力が付与され、この拮抗力により、ロータ 4 およびロボットアーム本体 200 のガタツキが防止され、ロボットアーム本体 200 の正確な位置決めが行える。

【0086】

次いで、ステップ S 24 に移行する。このステップ S 24 では、ロータ 4 の回転量 (θm) に変化が「有る」か「無い」か、つまり、ロータ 4 の回転が停止しているか否かの判定が行われる。

ステップ S 24 において、ロータ 4 の回転量 (θm) に変化が「有る」と判断された場合には、ステップ S 22 に再び戻り、上述したステップ S 22 ~ S 24 が繰り返し実行される。

【0087】

そして、ステップ S 22 において、ロータ 4 の回転量の実測値 (θm) と目標値 (θ) に差が「無い ($\theta - \theta m = 0$) 」と判断された場合には、第 1 のアクチュエータ 5 A の駆動が停止され、ロータ 4 は停止する。これにより、ロータ 4 の回転位置が目標値 (θ) である正規の回転位置に達し、ロボットアーム本体 200 が目標位置に位置する。そして、第 1 のアクチュエータ 5 A および第 2 のアクチュエータ 5 B の各凸部 51 は、ロータ 4 の外周面に押圧状態で接触し、これにより、ロータ 4 の回転が阻止 (防止) され、ロボットアーム本体 200 が目標位置に保持される。

【0088】

一方、ステップ S 24 で、ロータ 4 の回転量 (θm) に変化が「無い」と判断された場合、つまり、ロータ 4 が始動しない場合や、ロータ 4 が何らかの原因で停止した場合には、ステップ S 25 に移行する。この場合、ロータ 4 の回転量 (θm) に変化が「無い」と判断される要因には、例えば、第 1 のアクチュエータ 5 A のみによる駆動トルク (駆動力) がロボットアーム本体 200 の負荷に耐えられず、ロータ 4 が駆動トルク不足により一時的に停止すること等が挙げられる。

【0089】

ステップ S 25 では、第 1 のアクチュエータ 5 A の駆動トルクが最大 (最大ト

ルク)であるか否かの判定が行われる。ステップS 25で、第1のアクチュエータ5Aの駆動トルクが最大でないと判断された場合には、ステップS 26に移行する。

ステップS 26では、第1のアクチュエータ5Aへの印加電圧を1段階増加させる。これにより、第1のアクチュエータ5Aの駆動トルクが1段階増加する。次いで、ステップS 23に再び戻り、上述したステップS 23以降が実行される。

【0090】

そして、ステップS 24にてロータ4の回転量(θ_m)に変化が「有る」と判断されるか、または、ステップS 25にて第1のアクチュエータ5Aの駆動トルクが最大であると判断されるまで、ステップS 26で、第1のアクチュエータ5Aへの印加電圧を徐々に増加させる。これにより、第1のアクチュエータ5Aの駆動トルクが徐々に増加する。

ステップS 25において、第1のアクチュエータ5Aの駆動トルクが最大であると判断された場合には、ステップS 27に移行する。換言すれば、第1のアクチュエータ5Aの駆動トルクを最大に上げても、未だにロータ4が回転駆動しない場合には、ステップS 27に移行する。

【0091】

ステップS 27では、第2のアクチュエータ5Bの振動体50が、発振回路101および増幅回路102により制御された印加電圧に基づいて、第1のアクチュエータ5Aと同期するように駆動され、ステップS 28に移行する。このステップS 28では、ロータ4の回転量(θ_m)に変化が「有る」か「無い」か、つまり、ロータ4が停止しているか否かの判定が行われる。

【0092】

ステップS 28において、ロータ4の回転量(θ_m)に変化が「無い」と判断された場合には、ステップS 29に移行する。すなわち、第1のアクチュエータ5Aの最大トルクに第2のアクチュエータ5Bによる駆動トルクを加えても、未だ駆動トルク不足によるロータ4の停止状態が解消されない場合には、ステップS 29に移行する。

【0093】

ステップS29では、第2のアクチュエータ5Bの駆動トルクが最大（最大トルク）であるか否かの判定が行われる。ステップS29で、第2のアクチュエータ5Bの駆動トルクが最大でないと判断された場合には、ステップS30に移行する。

ステップS30では、第2のアクチュエータ5Bへの印加電圧を1段階増加させる。これにより、第2のアクチュエータ5Bの駆動トルクが1段階増加する。次いで、ステップS27に再び戻り、上述したステップS27以降が実行される。

【0094】

そして、ステップS28にてロータ4の回転量（ θ_m ）に変化が「有る」と判断されるか、または、ステップS29にて第1のアクチュエータ5Aの駆動トルクが最大であると判断されるまで、ステップS30で、第2のアクチュエータ5Bへの印加電圧を徐々に増加させる。これにより、第2のアクチュエータ5Bの駆動トルクが徐々に増加する。すなわち、前記ステップS27～S30が繰り返し実行されることによって、第1のアクチュエータ（メインアクチュエータ）5Aによる駆動トルクが限界に達しても、第2のアクチュエータ（サブアクチュエータ）5Bによって駆動トルクを徐々に増大させることができる。

一方、ステップS28において、ロータ4の回転量（ θ_m ）に変化が「有る」と判断された場合には、ステップS32に移行する。

【0095】

ステップS32では、ロータ4の回転駆動により実測されたロータリエンコーダ8からのロータ4の回転量（ θ_m ）と、ロータ4の目標回転量（ θ ）との間に差（ $\theta - \theta_m$ ）が「有る」か「無い」かの判定が行われる。換言すれば、ロータ4の回転位置が目標値（ θ ）である正規の回転位置に達したか否か、すなわち、ロボットアーム本体200が目標位置に達したか否かの判定が行われる。

【0096】

ステップS32において、ロータ4の回転量の実測値（ θ_m ）と目標値（ θ ）に差が「無い（ $\theta - \theta_m = 0$ ）」と判断された場合には、第1のアクチュエータ

5 A および第 2 のアクチュエータ 5 B の駆動が停止され、ロータ 4 は停止する。

一方、ステップ S 3 2 で、ロータ 4 の回転量に差が「有る ($\theta - \theta_m \neq 0$) 」と判断された場合には、ステップ S 2 7 に再び戻り、上述したステップ S 2 7 以降が繰り返し実行され、ステップ S 3 2 において、ロータ 4 の回転量の実測値 (θ_m) と目標値 (θ) に差が「無い ($\theta - \theta_m = 0$) 」と判断されると、第 1 のアクチュエータ 5 A および第 2 のアクチュエータ 5 B の駆動が停止され、ロータ 4 は停止する。

また、ステップ S 2 9 において、第 2 のアクチュエータ 5 B の駆動トルクが最大であると判断された場合、すなわち、第 1 および第 2 のアクチュエータ 5 A、5 B の双方を最大トルクに上げて、駆動トルク不足によりロータ 4 が回転しない場合には、ステップ S 3 1 に移行する。

【0097】

ステップ S 3 1 では、ロータ 4 の回転駆動により実測されたロータリエンコーダ 8 からのロータ 4 の回転量 (θ_m) と、ロータ 4 の目標回転量 (θ) との間に差 ($\theta - \theta_m$) が「有る」か「無い」かの判定が行われる。換言すれば、ロータ 4 の回転位置が目標値 (θ) である正規の回転位置に達したか否か、すなわち、ロボットアーム本体 2 0 0 が目標位置に達したか否かの判定が行われる。

【0098】

ステップ S 3 1 において、ロータ 4 の回転量の実測値 (θ_m) と目標値 (θ) に差が「有る ($\theta - \theta_m \neq 0$) 」と判断された場合には、例えば停止の指示があるまで、第 1 および第 2 のアクチュエータ 5 A、5 B の双方の駆動トルクを最大トルクにしたまま、これらを同期させて駆動し続け、ステップ S 3 1 に再び戻り、ステップ S 3 1 を繰り返し実行する。

一方、ステップ S 3 1 において、ロータ 4 の回転量の実測値 (θ_m) と目標値 (θ) に差が「無い ($\theta - \theta_m = 0$) 」と判断された場合には、第 1 のアクチュエータ 5 A および第 2 のアクチュエータ 5 B の駆動が停止され、ロータ 4 は停止する。

【0099】

以上の説明は、ロータ 4 の初期回転方向 A の設定を正方向 A 1 に設定してロボ

ットアーム本体 200 を時計回り方向 C1（図 1 参照）に回転させる場合であるが、ロボットアーム本体 200 を反時計回り方向 C2（図 1 参照）に回転させる場合は、ロータ 4 の初期回転方向 A を逆方向 A2 に設定する。ロータ 4 の初期回転方向 A を逆方向 A2 に設定した場合は、前記正方向 A1 に設定した場合に対し、正逆反転すれば同様な駆動動作であるため、その説明は省略する。

【0100】

この駆動制御によれば、第 1、第 2 のアクチュエータ 5A、5B の駆動トルクをそれぞれ徐々に増大させるので、負荷に対する最小の駆動トルク（必要かつ十分な駆動トルク）でロータ 4（ロボットアーム本体 200）を回転駆動することができ、これにより、消費電力を削減することができる。

なお、前記ステップ S27 において、第 1、第 2 のアクチュエータ 5A、5B の駆動速度に差を持たせてロータ 4 を回転駆動させてもよい。これにより、ロータ 4 に拮抗力が発生し、ロータ 4 およびロボットアーム本体 200 のガタツキが防止され、ロボットアーム本体 200 の正確な位置決めが行える。

また、第 1 のアクチュエータ 5A と第 2 のアクチュエータ 5B の出力特性は、同一でもよい。

【0101】

図 9 は、第 1、第 2 のアクチュエータ 5A、5B 間に位相差を持たせ、かつ第 1、第 2 のアクチュエータ 5A、5B を同期させる第 1 および第 2 の協調モードと、第 1、第 2 のアクチュエータ 5A、5B を差動させる第 3 の協調モード、すなわち、第 2 のアクチュエータ 5B を停止状態とする第 3 の差動モードとを含むロータ 4 の駆動制御を示すフローチャートである。

図 8 に示すロータ 4 の駆動制御と同様に、第 1 のアクチュエータ 5A を大出力の出力特性を有するメインアクチュエータとし、第 2 のアクチュエータ 5B を小出力の出力特性を有するサブアクチュエータとして、以下説明する。

【0102】

まず、ステップ S41 において、駆動回路 10 のスイッチング回路 9 には、予めロータ 4 の回転方向 A が、例えば正方向 A1 に指示される。また、移動量制御回路 103 には、予めロータ 4 の目標回転量（ θ ）、すなわち、ロボットアーム

本体 200 の目標回転量 (θ) が指示される。次いで、ステップ S 4 2 へ移行する。

【0103】

ステップ S 4 2 では、ロータ 4 の回転駆動により実測されたロータリエンコーダ 8 からのロータ 4 の回転量 (θ_m) と、ロータ 4 の目標回転量 (θ) との間に差 ($\theta - \theta_m$) が「有る」か「無い」かの判定が行われる。換言すれば、ロータ 4 の回転位置が目標値 (θ) である正規の回転位置に達したか否か、すなわち、ロボットアーム本体 200 が目標位置に達したか否かの判定が行われる。

ステップ S 4 2 において、ロータ 4 の回転量の実測値 (θ_m) と目標値 (θ) に差が「有る ($\theta - \theta_m \neq 0$) 」と判断された場合には、ステップ S 4 3 に移行する。

【0104】

ステップ S 4 3 では、前記ステップ S 4 1 における指示に基づいて、第 1 のアクチュエータ 5 A が駆動する。すなわち、第 1 のアクチュエータ 5 A の振動体 5 0 は、発振回路 101 および増幅回路 102 により制御された印加電圧に基づいて駆動し、ロータ 4 を正方向 A 1 に回転駆動（正転）させる。このとき、第 2 のアクチュエータ 5 B の振動体 5 0 は、非駆動状態（駆動停止状態）を維持している。このため、ロータ 4 が回転すると、ロータ 4 の外周面に押圧状態で接触する第 2 のアクチュエータ 5 B の凸部 5 1 は、ロータ 4 の外周面に対し、第 1 のアクチュエータ 5 A と反対方向の摩擦力を与えつつ、滑る。これにより、ロータ 4 には、その回転方向 A 1 に抗する拮抗力が付与され、この拮抗力により、ロータ 4 およびロボットアーム本体 200 のガタツキが防止され、ロボットアーム本体 200 の正確な位置決めが行える。

【0105】

次いで、ステップ S 4 4 に移行する。このステップ S 4 4 では、ロータ 4 の回転量 (θ_m) に変化が「有る」か「無い」か、つまり、ロータ 4 の回転が停止しているか否かの判定が行われる。

ステップ S 4 4 において、ロータ 4 の回転量 (θ_m) に変化が「有る」と判断された場合には、ステップ S 4 2 に再び戻り、上述したステップ S 4 2 ～ S 4 4

が繰り返し実行される。

【0106】

そして、ステップS42において、ロータ4の回転量の実測値(θ_m)と目標値(θ)に差が「無い($\theta - \theta_m = 0$)」と判断された場合には、第1のアクチュエータ5Aの駆動が停止され、ロータ4は停止する。これにより、ロータ4の回転位置が目標値(θ)である正規の回転位置に達し、ロボットアーム本体200が目標位置に位置する。そして、第1のアクチュエータ5Aおよび第2のアクチュエータ5Bの各凸部51は、ロータ4の外周面に押圧状態で接触し、これにより、ロータ4の回転が阻止(防止)され、ロボットアーム本体200が目標位置に保持される。

【0107】

一方、ステップS44で、ロータ4の回転量(θ_m)に変化が「無い」と判断された場合、つまり、ロータ4が始動しない場合や、ロータ4が何らかの原因で停止した場合には、ステップS45に移行する。この場合、ロータ4の回転量(θ_m)に変化が「無い」と判断される要因には、例えば、第1のアクチュエータ5Aのみによる駆動トルク(駆動力)がロボットアーム本体200の負荷に耐えられず、ロータ4が駆動トルク不足により一時的に停止すること等が挙げられる。

【0108】

ステップS45では、第1のアクチュエータ5Aの駆動トルクが最大(最大トルク)であるか否かの判定が行われる。ステップS45で、第1のアクチュエータ5Aの駆動トルクが最大でないと判断された場合には、ステップS46に移行する。

ステップS46では、第1のアクチュエータ5Aへの印加電圧を1段階増加させる。これにより、第1のアクチュエータ5Aの駆動トルクが1段階増加する。次いで、ステップS43に再び戻り、上述したステップS43以降が実行される。

【0109】

そして、ステップS44にてロータ4の回転量(θ_m)に変化が「有る」と判

断されるか、または、ステップ S 4 5 にて第 1 のアクチュエータ 5 A の駆動トルクが最大であると判断されるまで、ステップ S 4 6 で、第 1 のアクチュエータ 5 A への印加電圧を徐々に増加させる。これにより、第 1 のアクチュエータ 5 A の駆動トルクが徐々に増加する。

ステップ S 4 5 において、第 1 のアクチュエータ 5 A の駆動トルクが最大であると判断された場合には、ステップ S 4 7 に移行する。換言すれば、第 1 のアクチュエータ 5 A の駆動トルクを最大に上げても、未だにロータ 4 が回転駆動しない場合には、ステップ S 4 7 に移行する。

【0110】

ステップ S 4 7 では、第 2 のアクチュエータ 5 B の振動体 5 0 が、発振回路 1 0 1 および増幅回路 1 0 2 により制御された印加電圧に基づいて、第 1 のアクチュエータ 5 A と同期するように駆動され、ステップ S 4 8 に移行する。このステップ S 4 8 では、ロータ 4 の回転量 (θ_m) に変化が「有る」か「無い」か、つまり、ロータ 4 が停止しているか否かの判定が行われる。

【0111】

ステップ S 4 8 において、ロータ 4 の回転量 (θ_m) に変化が「無い」と判断された場合には、ステップ S 4 9 に移行する。すなわち、第 1 のアクチュエータ 5 A の最大トルクに第 2 のアクチュエータ 5 B による駆動トルクを加えても、未だ駆動トルク不足によるロータ 4 の停止状態が解消されない場合には、ステップ S 4 9 に移行する。

【0112】

ステップ S 4 9 では、第 2 のアクチュエータ 5 B の駆動トルクが最大（最大トルク）であるか否かの判定が行われる。ステップ S 4 9 で、第 2 のアクチュエータ 5 B の駆動トルクが最大でないと判断された場合には、ステップ S 5 0 に移行する。

ステップ S 5 0 では、第 2 のアクチュエータ 5 B への印加電圧を 1 段階増加させる。これにより、第 2 のアクチュエータ 5 B の駆動トルクが 1 段階増加する。次いで、ステップ S 4 7 に再び戻り、上述したステップ S 4 7 以降が実行される。

【0113】

そして、ステップS48にてロータ4の回転量 (θ_m) に変化が「有る」と判断されるか、または、ステップS49にて第1のアクチュエータ5Aの駆動トルクが最大であると判断されるまで、ステップS50で、第2のアクチュエータ5Bへの印加電圧を徐々に増加させる。これにより、第2のアクチュエータ5Bの駆動トルクが徐々に増加する。すなわち、前記ステップS47～S50が繰り返し実行されることによって、第1のアクチュエータ（メインアクチュエータ）5Aによる駆動トルクが限界に達しても、第2のアクチュエータ（サブアクチュエータ）5Bによって駆動トルクを徐々に増大させることができる。

一方、ステップS48において、ロータ4の回転量 (θ_m) に変化が「有る」と判断された場合には、ステップS53に移行する。

【0114】

ステップS53では、ロータ4の回転駆動により実測されたロータリエンコーダ8からのロータ4の回転量 (θ_m) と、ロータ4の目標回転量 (θ) との間に差 ($\theta - \theta_m$) が「有る」か「無い」かの判定が行われる。換言すれば、ロータ4の回転位置が目標値 (θ) である正規の回転位置に達したか否か、すなわち、ロボットアーム本体200が目標位置に達したか否かの判定が行われる。

【0115】

ステップS53において、ロータ4の回転量の実測値 (θ_m) と目標値 (θ) に差が「無い ($\theta - \theta_m = 0$) 」と判断された場合には、第1のアクチュエータ5Aおよび第2のアクチュエータ5Bの駆動が停止され、ロータ4は停止する。

一方、ステップS53で、ロータ4の回転量に差が「有る ($\theta - \theta_m \neq 0$) 」と判断された場合には、ステップS47に再び戻り、上述したステップS47以降が繰り返し実行され、ステップS53において、ロータ4の回転量の実測値 (θ_m) と目標値 (θ) に差が「無い ($\theta - \theta_m = 0$) 」と判断されると、第1のアクチュエータ5Aおよび第2のアクチュエータ5Bの駆動が停止され、ロータ4は停止する。

【0116】

また、ステップS49において、第2のアクチュエータ5Bの駆動トルクが最

大であると判断された場合、すなわち、第1および第2のアクチュエータ5A、5Bの双方を最大トルクに上げて、駆動トルク不足によりロータ4が回転しない場合には、ステップS51に移行する。

ステップS51では、ロータ4の回転駆動により実測されたロータリエンコーダ8からのロータ4の回転量(θ_m)と、ロータ4の目標回転量(θ)との間に差($\theta - \theta_m$)が「有る」か「無い」かの判定が行われる。換言すれば、ロータ4の回転位置が目標値(θ)である正規の回転位置に達したか否か、すなわち、ロボットアーム本体200が目標位置に達したか否かの判定が行われる。

【0117】

ステップS51において、ロータ4の回転量の実測値(θ_m)と目標値(θ)に差が「有る($\theta - \theta_m \neq 0$)」と判断された場合には、ステップS52に移行する。そして、ステップS52では、アラームが送出され、第1および第2のアクチュエータ5A、5Bの駆動が強制的に停止される。

このアラームにより、使用者は、第1および第2のアクチュエータ5A、5Bの駆動トルクがそれぞれ最大になっても駆動トルク不足によりロータ4が回転しないことを把握することができる。

【0118】

また、第1および第2のアクチュエータ5A、5Bの駆動が停止することにより、第1のアクチュエータ5Aおよび第2のアクチュエータ5Bの各凸部51は、ロータ4の外周面に押圧状態で接触し、これにより、ロータ4の回転が阻止(防止)され、ロボットアーム本体200が現状の位置に保持される。

一方、ステップS51において、ロータ4の回転量の実測値(θ_m)と目標値(θ)に差が「無い($\theta - \theta_m = 0$)」と判断された場合には、第1のアクチュエータ5Aおよび第2のアクチュエータ5Bの駆動が停止され、ロータ4は停止する。

【0119】

以上の説明は、ロータ4の初期回転方向Aの設定を正方向A1に設定してロボットアーム本体200を時計回り方向C1(図1参照)に回転させる場合であるが、ロボットアーム本体200を反時計回り方向C2(図1参照)に回転させる

場合は、ロータ 4 の初期回転方向 A を逆方向 A 2 に設定する。ロータ 4 の初期回転方向 A を逆方向 A 2 に設定した場合は、前記正方向 A 1 に設定した場合に対し、正逆反転すれば同様な駆動動作であるため、その説明は省略する。

この駆動制御によれば、第 1、第 2 のアクチュエータ 5 A、5 B の駆動トルクをそれぞれ徐々に増大させるので、負荷に対する最小の駆動トルク（必要かつ十分な駆動トルク）でロータ 4（ロボットアーム本体 200）を回転駆動することができ、これにより、消費電力を削減することができる。

【0120】

なお、前記ステップ S 47 において、第 1、第 2 のアクチュエータ 5 A、5 B の駆動速度に差を持たせてロータ 4 を回転駆動させてもよい。これにより、ロータ 4 に拮抗力が発生し、ロータ 4 およびロボットアーム本体 200 のガタツキが防止され、ロボットアーム本体 200 の正確な位置決めが行える。

また、第 1 のアクチュエータ 5 A と第 2 のアクチュエータ 5 B の出力特性は、同一でもよい。

【0121】

以上述べたように、駆動装置 1 によれば、独立した第 1、第 2 のアクチュエータ 5 A、5 B を協調させて、1 つのロータ 4（ロボットアーム本体 200）を回転駆動する。これにより、ロボットアーム本体 200 の姿勢や位置を任意に変更することができる。

特に、第 1、第 2 のアクチュエータ 5 A、5 B を協調させてロータ 4（ロボットアーム本体 200）を回転駆動するので、1 つのアクチュエータによる駆動と比較して、大きな駆動トルクが得られる。しかも、ロボットアーム本体 200 の負荷の増大に応じて駆動トルクの選択、調整を容易かつ確実に行うことができる。

【0122】

また、第 1、第 2 のアクチュエータ 5 A、5 B が前述した振動体 50 で構成されているので、大きなトルクおよび大きなディテントトルクが得られるとともに、装置全体の小型化（薄型化）および軽量化を図ることができる。

また、ロータ 4 が第 1、第 2 のアクチュエータ 5 A、5 B の振動体 50 にて直

接駆動（回転）されるため、装置全体の軽量化、小型化（薄型化）に特に有利であるとともに、部品点数を削減することができ、構造を極めて簡素化することができ、また、コストを低減することができる。

【0123】

また、振動体50の面内振動をロータ4の回転運動（駆動）に変換するため、機械的変換に伴うエネルギーロスが少なく、ロータ4を高い効率で駆動することができる。

また、通常の電動モータのような磁力で駆動する場合と異なり、振動体50からの振動伝播による摩擦摺動によりロータ4が回転駆動されることから、ロータ4に対する駆動力が高い。したがって、変速機構（減速機構）を介さなくても、十分な駆動力でロータ4を回転駆動させることができる。

【0124】

（第2実施形態）

次に、第2実施形態について説明する。

図10は、本発明の駆動装置の第2実施形態を示す断面図である。

以下、第2実施形態について、前述した第1実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を省略する。

【0125】

第2実施形態と前述した第1実施形態との相違点は、第2実施形態の駆動装置1は、第1のアクチュエータ5Aおよび第2のアクチュエータ5Bの他に、さらに第3のアクチュエータ5Cを有している。

これら第1～第3のアクチュエータ5A～5Cは、軸3の方向（図10中上下方向）に沿って配置されている。

なお、第1～第3のアクチュエータ5A～5Cの出力特性は、同一でもよく、また、異なってもよい。

【0126】

また、例えば、第1のアクチュエータ5Aを大出力の出力特性を有するメインアクチュエータとし、第2、第3のアクチュエータ5B、5Cを小出力の出力特性を有するサブアクチュエータとしてもよく、この場合は、図10に示すように

、第 1 のアクチュエータ 5 A の図 1 0 中上下に、第 2 のアクチュエータ 5 B および第 3 のアクチュエータ 5 C をそれぞれ配置するのが好ましい。

【0 1 2 7】

この第 2 実施形態によれば、前述した第 1 実施形態と同様の効果が得られる。

そして、この第 2 実施形態では、アクチュエータが 3 個設けられているので、第 1 実施形態より大きな駆動トルクを得ることができる。

なお、図示例では、第 1 ～第 3 のアクチュエータ 5 A ～ 5 C を軸 3 の方向に沿って配置したが、本発明では、これに限らず、例えば、前述した第 1 実施形態と同様に、第 1 ～第 3 のアクチュエータ 5 A ～ 5 C をロータ 4 の外周面（周方向）に沿ってベース 2 上のほぼ同一平面上に配置してもよい。これにより、装置全体の薄型化を図ることができる。

【0 1 2 8】

（第 3 実施形態）

次に、第 3 実施形態について説明する。

図 1 1 は、本発明の駆動装置の第 3 実施形態を示す平面図である。

以下、第 3 実施形態について、前述した第 1 実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を省略する。

【0 1 2 9】

第 3 実施形態と前述した第 1 実施形態との相違点は、第 3 実施形態の駆動装置 1 は、減速器（減速機構） 1 1 を有しており、第 1 のアクチュエータ 5 A および第 2 のアクチュエータ 5 B による被駆動体の回転制御（駆動制御）、すなわち、ロボットアーム本体（被制御体） 2 0 0 の回転制御（駆動制御）が、その減速器 1 1 を介して間接的に行われる点にある。

【0 1 3 0】

減速器 1 1 は、ロボットアーム本体 2 0 0 が取り付けられる（接合される）被駆動体としての主歯車（ロータ） 1 2 と、この主歯車（ロータ） 1 2 に噛合する第 1 の副歯車 1 3 および第 2 の副歯車 1 4 とで構成されている。第 1 の副歯車 1 3 および第 2 の副歯車 1 4 は、それぞれ、主歯車 1 2 より、小径であり、歯数が少ない。

【0131】

ベース 2 上には、軸 1 5、回転軸 1 7 A および 1 7 B がそれぞれ正逆両方向に回転可能（回動可能）に設置されている。そして、軸 1 5 には、主歯車 1 2 が固着され、回転軸 1 7 A には、第 1 のロータ（移動体）1 6 A および第 1 の副歯車 1 3 が固着され、回転軸 1 7 B には、第 2 のロータ（移動体）1 6 B および第 2 の副歯車 1 4 が固着されている。第 1 の副歯車 1 3 は、第 1 のロータ 1 6 A と一体的に回転（回動）し、第 2 の副歯車 1 4 は、第 2 のロータ 1 6 B と一体的に回転する。これにより、主歯車 1 2 は、第 1 のロータ 1 6 A および第 2 のロータ 1 6 B のそれぞれと連動する。

【0132】

第 1 のロータ 1 6 A の外周面には、第 1 のアクチュエータ 5 A を構成する振動体 5 0 の凸部 5 1 が押圧状態で当接し、第 2 のロータ 1 6 B の外周面には、第 2 のアクチュエータ 5 B を構成する振動体 5 0 の凸部 5 1 が押圧状態で当接している。

また、主歯車 1 2 の回転量（移動量）を検出する回転量検出手段（移動量検出手段）としてのロータリエンコーダ 1 8 が設けられている。ロータリエンコーダ 1 8 は、スリット回転板 1 8 1 と、発光部および受光部を有するセンサ 1 8 2 とで構成され、スリット回転板 1 8 1 は、軸 1 5 に固着されている。

【0133】

この駆動装置 1 では、第 1 のアクチュエータ 5 A が作動すると、第 1 のロータ 1 6 A および第 1 の副歯車 1 3 が回転し、これにより主歯車 1 2 が回転する。同様に、第 2 のアクチュエータ 5 B が作動すると、第 2 のロータ 1 6 B および第 2 の副歯車 1 4 が回転し、これにより主歯車 1 2 およびロボットアーム本体 2 0 0 が回転する。この際、減速器 1 1 の作用により、回転速度（駆動速度）が減速され、大きな駆動トルクが得られる。

【0134】

このように、この第 3 実施形態では、第 1 のロータ 1 6 A および第 2 のロータ 1 6 B と、主歯車 1 2 との間の動力伝達経路の途中に、減速器 1 1 が設けられており、ロボットアーム本体 2 0 0 の回転制御（駆動制御）は、第 1 のアクチュエ

ータ 5 A および第 2 のアクチュエータ 5 B により、その減速器 1 1 を介して間接的に行われる。

【0 1 3 5】

この第 3 実施形態によれば、前述した第 1 実施形態と同様の効果が得られる。

なお、第 1 のロータ 1 6 A の回転量（移動量）を検出する回転量検出手段（移動量検出手段）や、第 2 のロータ 1 6 B の回転量（移動量）を検出する回転量検出手段（移動量検出手段）を設けてもよい。この回転量検出手段（移動量検出手段）としては、例えば、ロータリエンコーダ等を用いることができる。

【0 1 3 6】

以上、本発明の駆動装置および稼動装置を、図示の実施形態に基づいて説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、各部の構成は、同様の機能を有する任意の構成のものに置換することができる。

なお、本発明は、前記各実施形態のうちの、任意の 2 以上の構成（特徴）を組み合わせたものであってもよい。

【0 1 3 7】

また、前記実施形態では、各アクチュエータとして、それぞれ、正逆両方向に駆動し得るものを用いているが、本発明では、これに限らず、各アクチュエータとして、それぞれ、一方向のみに駆動し得るものを用いてもよい。

また、本発明では、例えば、複数のアクチュエータのうちの一部が被駆動体を直接駆動し、残部が被駆動体を間接的に駆動するように構成されていてもよい。

【0 1 3 8】

また、前記実施形態では、被駆動体は、ロータや歯車であり、アクチュエータからの駆動力によってその被駆動体が回転（回動）するようになっているが、本発明では、これに限らず、被駆動体が、例えば、長尺状をなし、その被駆動体が、その長手方向に移動、または直線的に移動するように構成されていてもよい。

また、前記実施形態では、アクチュエータの個数は、2 個または 3 個であったが、本発明では、アクチュエータの個数は、4 個以上であってもよい。

【0 1 3 9】

また、前記実施形態では、被駆動体の個数は、1 個であったが、本発明では、

被駆動体の個数は、2 個以上であってもよい。

また、前記実施形態では、駆動装置により、簡易ロボットにおけるロボットアームを駆動制御する場合を例に挙げて説明したが、本発明では、駆動装置の用途、すなわち、稼動装置は、簡易ロボットにおけるロボットアームには限定されない（被制御体は、ロボットアーム本体には限定されない）。換言すれば、本発明の稼動装置は、本発明の駆動装置と、この駆動装置により駆動制御される被制御体とを有するものであれば、いかなるものであってもよい。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の駆動装置の第 1 実施形態を示す平面図。

【図 2】 図 1 中の I-I 線での断面図。

【図 3】 アクチュエータを構成する振動体の斜視図。

【図 4】 図 3 中の I I-I I 線での断面図。

【図 5】 アクチュエータの駆動制御回路の構成例を示すブロック図。

【図 6】 図 1 に示す駆動装置の制御動作を示すフローチャート。

【図 7】 図 1 に示す駆動装置の制御動作を示すフローチャート。

【図 8】 図 1 に示す駆動装置の制御動作を示すフローチャート。

【図 9】 図 1 に示す駆動装置の制御動作を示すフローチャート。

【図 10】 本発明の駆動装置の第 2 実施形態を示す断面図。

【図 11】 本発明の駆動装置の第 3 実施形態を示す平面図。

【符号の説明】

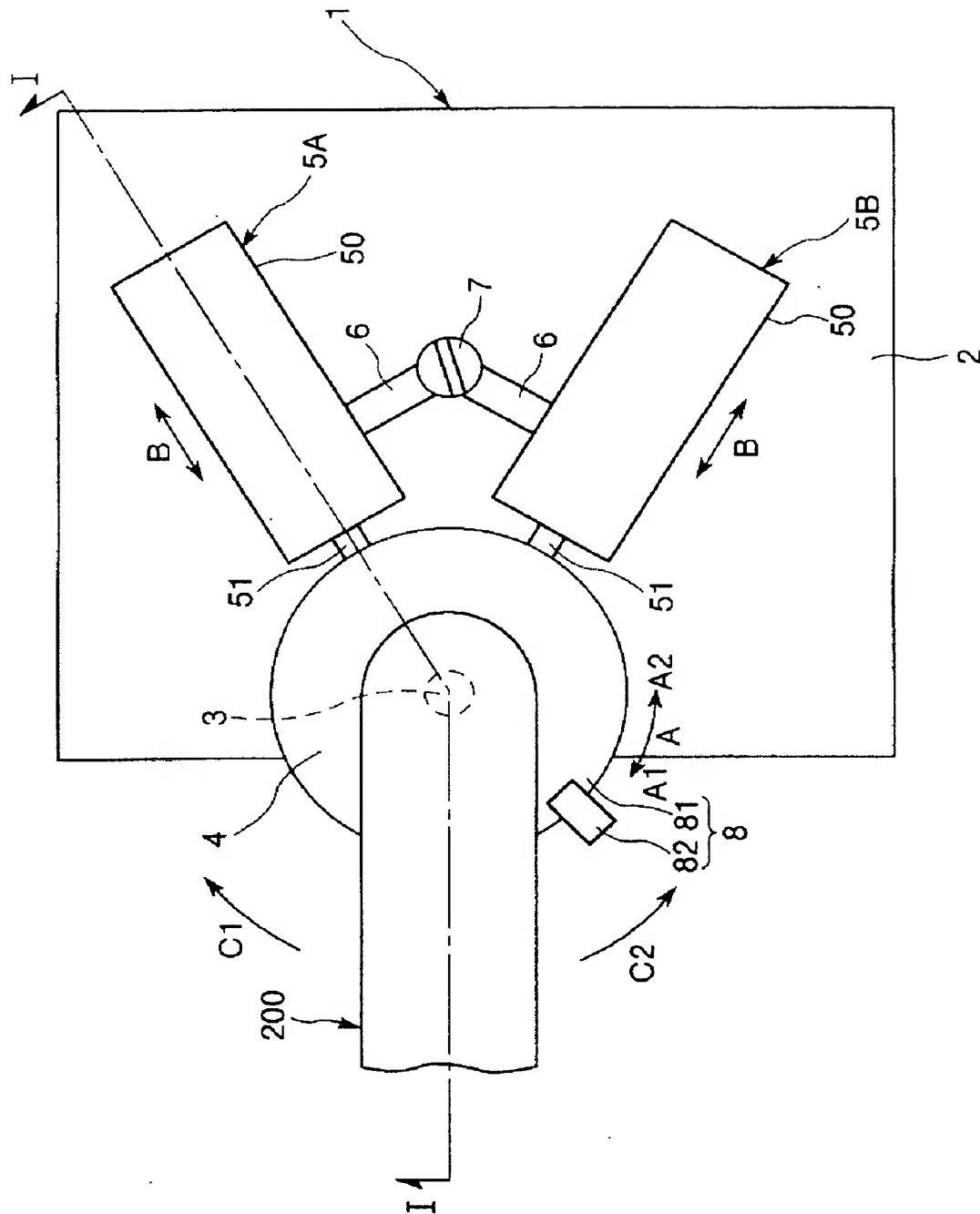
1…駆動装置、2…ベース、3…軸、4…ロータ、5A…第 1 のアクチュエータ、5B…第 2 のアクチュエータ、5C…第 3 のアクチュエータ、50…振動体、51…凸部、52a～52d…第 1 の電極、53…第 1 の圧電素子、54…補強板、55…第 2 の圧電素子、56a～56d…第 2 の電極、57…第 1 のグループ電極、58…第 2 のグループ電極、6…取付アーム、61…取付基部、62…ボルト挿入孔、7…ボルト、8…ロータリエンコーダ、81…スリット回転板、82…センサ、9…スイッチング回路、90A…第 1 の切換スイッチ部、90B…第 2 の切換スイッチ部、91…端子、92、93…切換端子、94…端子、95、96…切換端子、10…駆動回路、101…発振回路、102…増幅回路

、103…移動量制御回路、11…減速器、12…主歯車、13…第1の副歯車、14…第2の副歯車、15…軸、16A…第1のロータ、16B…第2のロータ、17A…回転軸、17B…回転軸、18…ロータリエンコーダ、181…スリット回転板、182…センサ、200…ロボットアーム本体、S1～S5…ステップ、S11～S15…ステップ、S21～S32…ステップ、S41～S53…ステップ

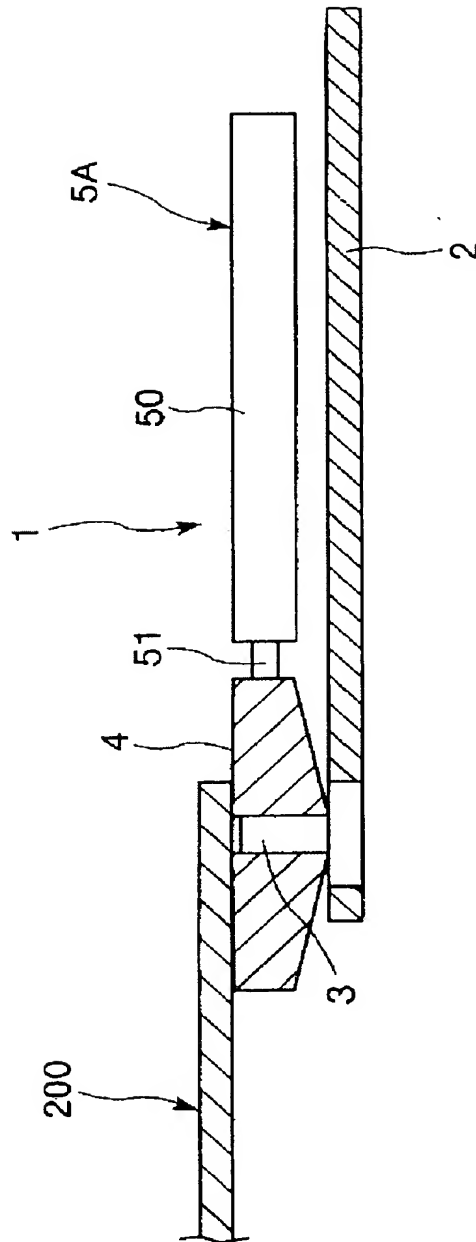
【書類名】

図面

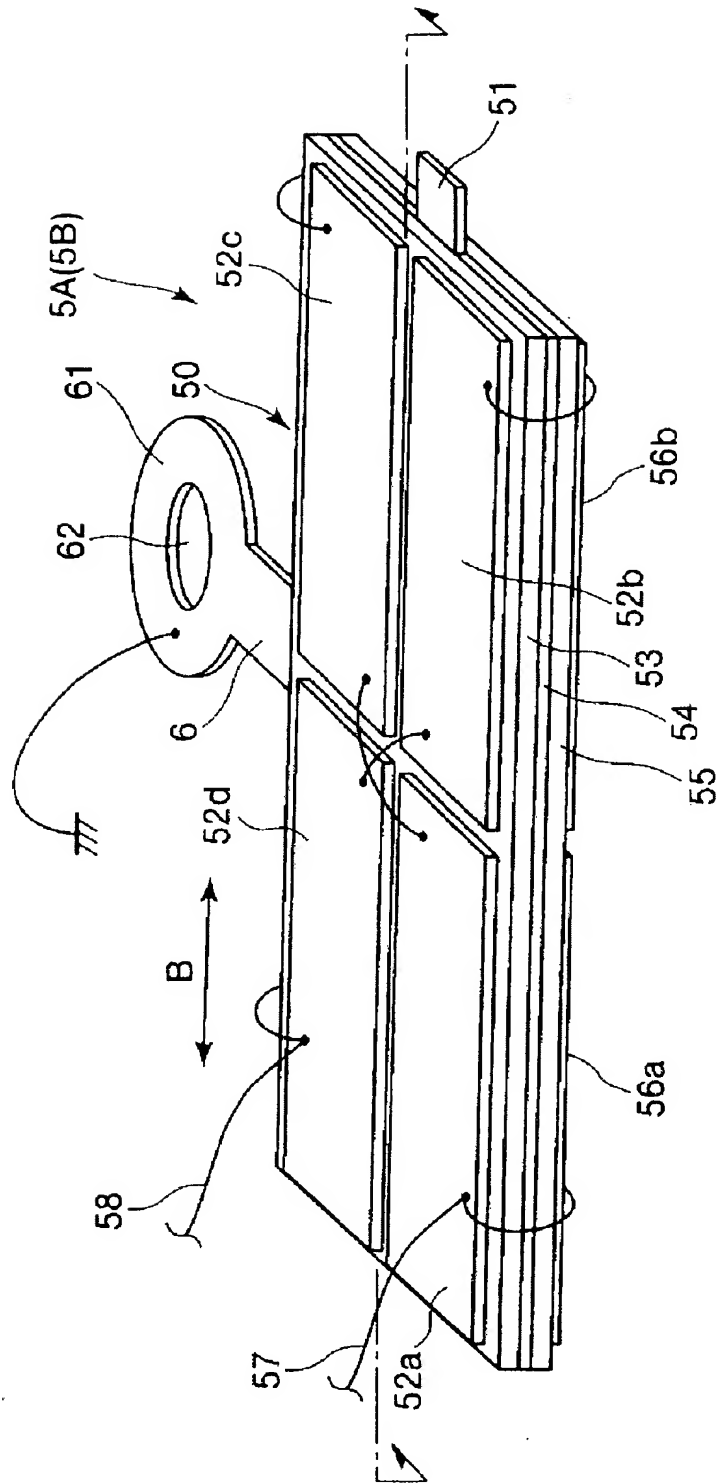
【図 1】



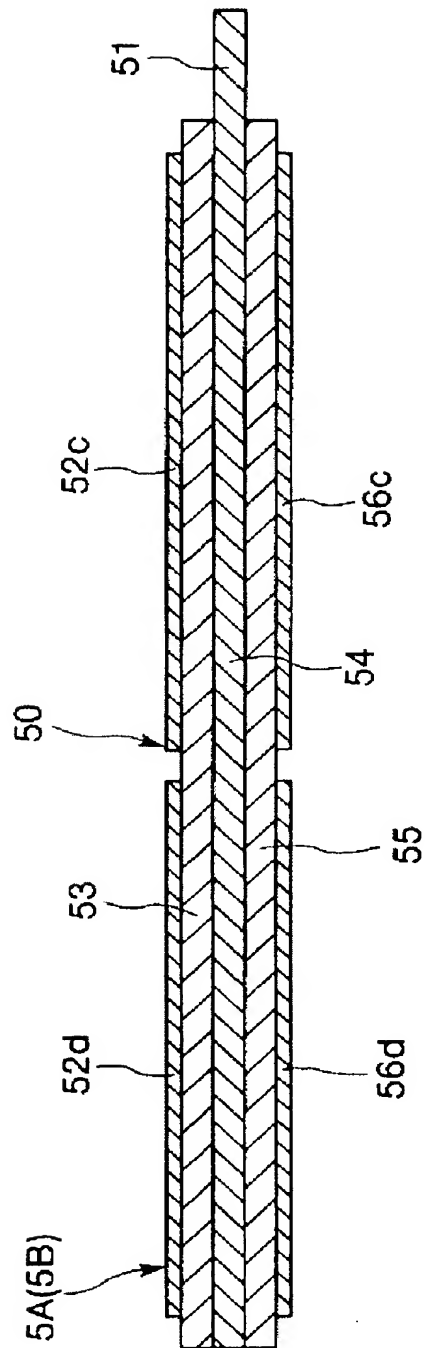
【図 2】



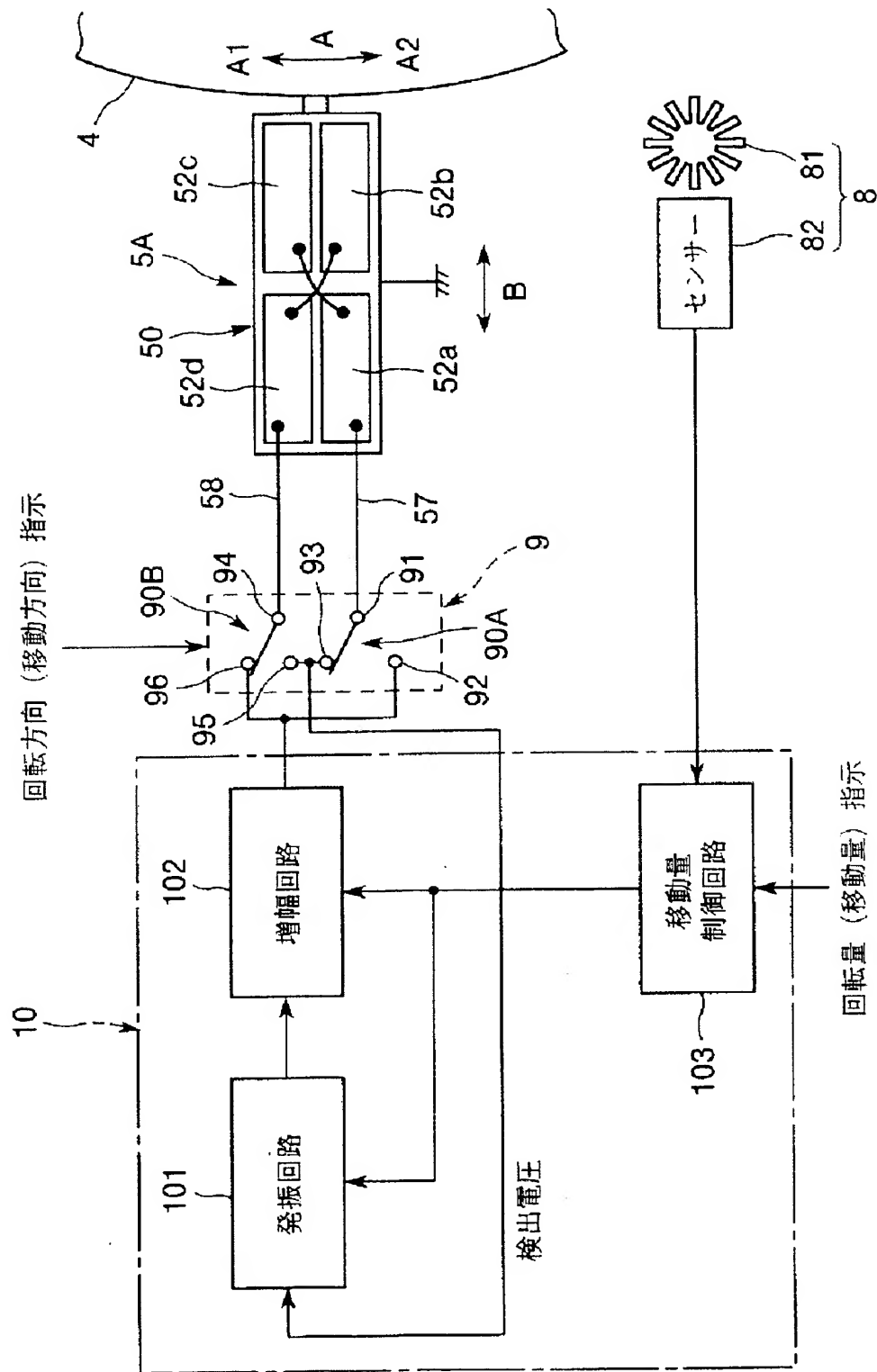
【図 3】



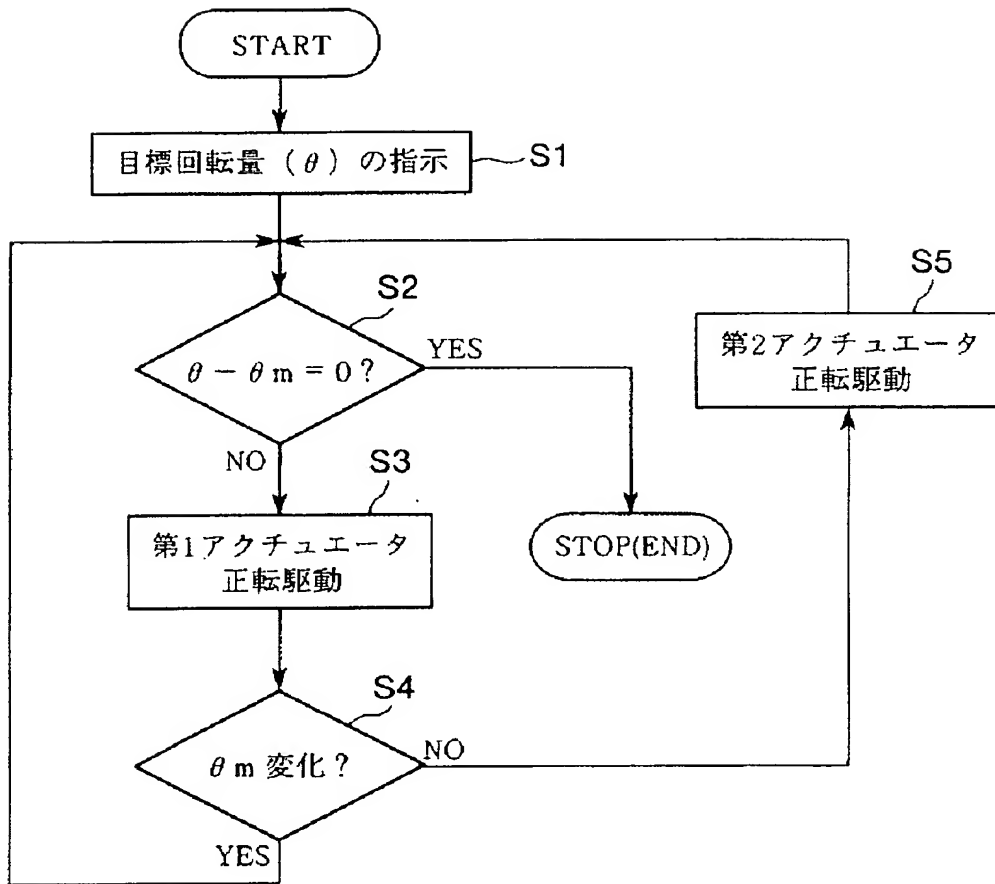
【図 4】



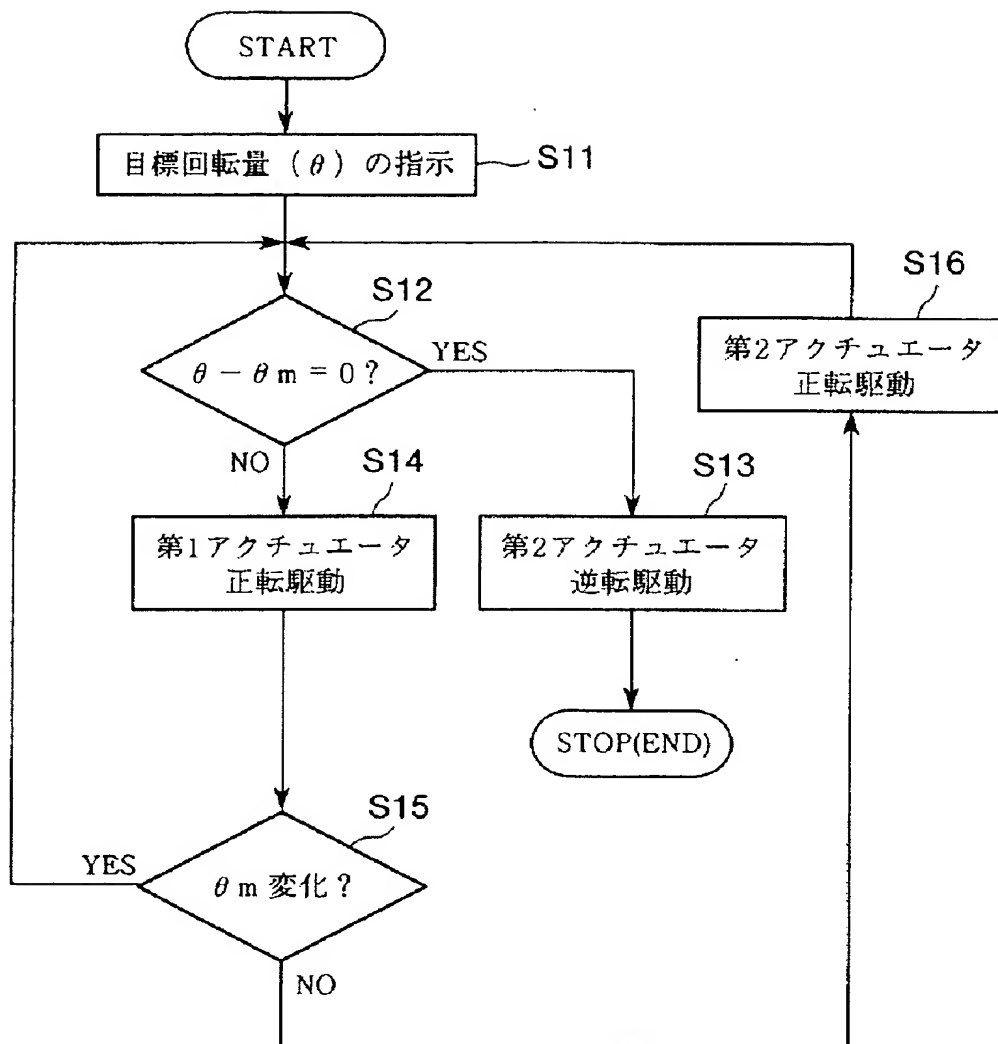
【図 5】



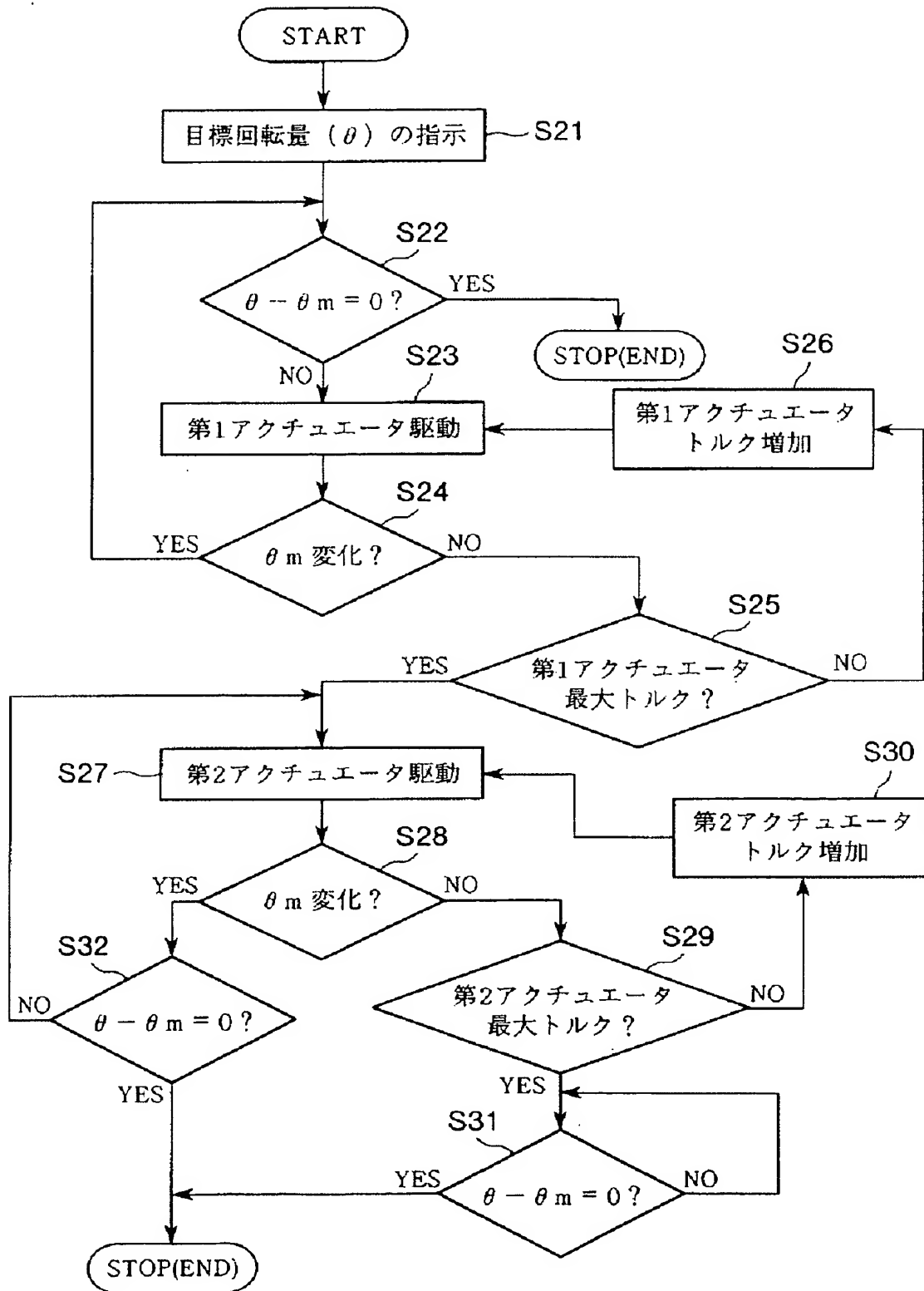
【図 6】



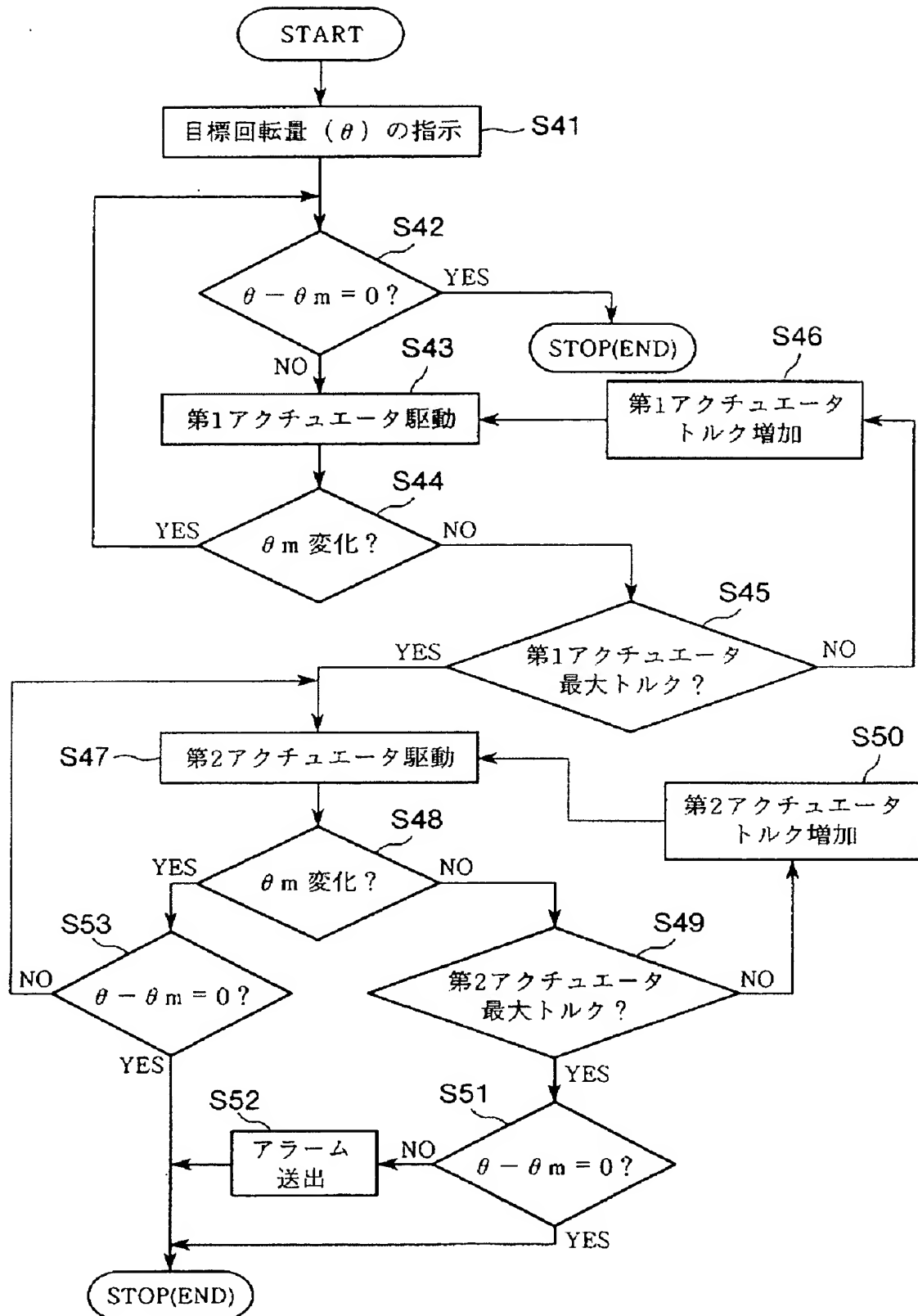
【図 7】



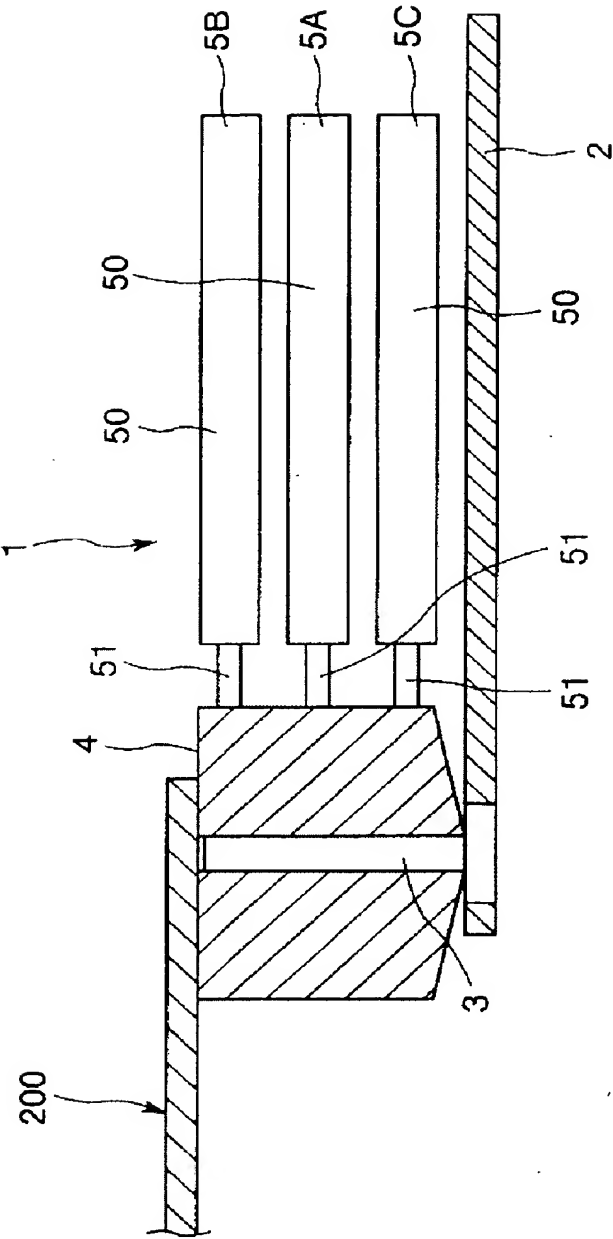
【図 8】



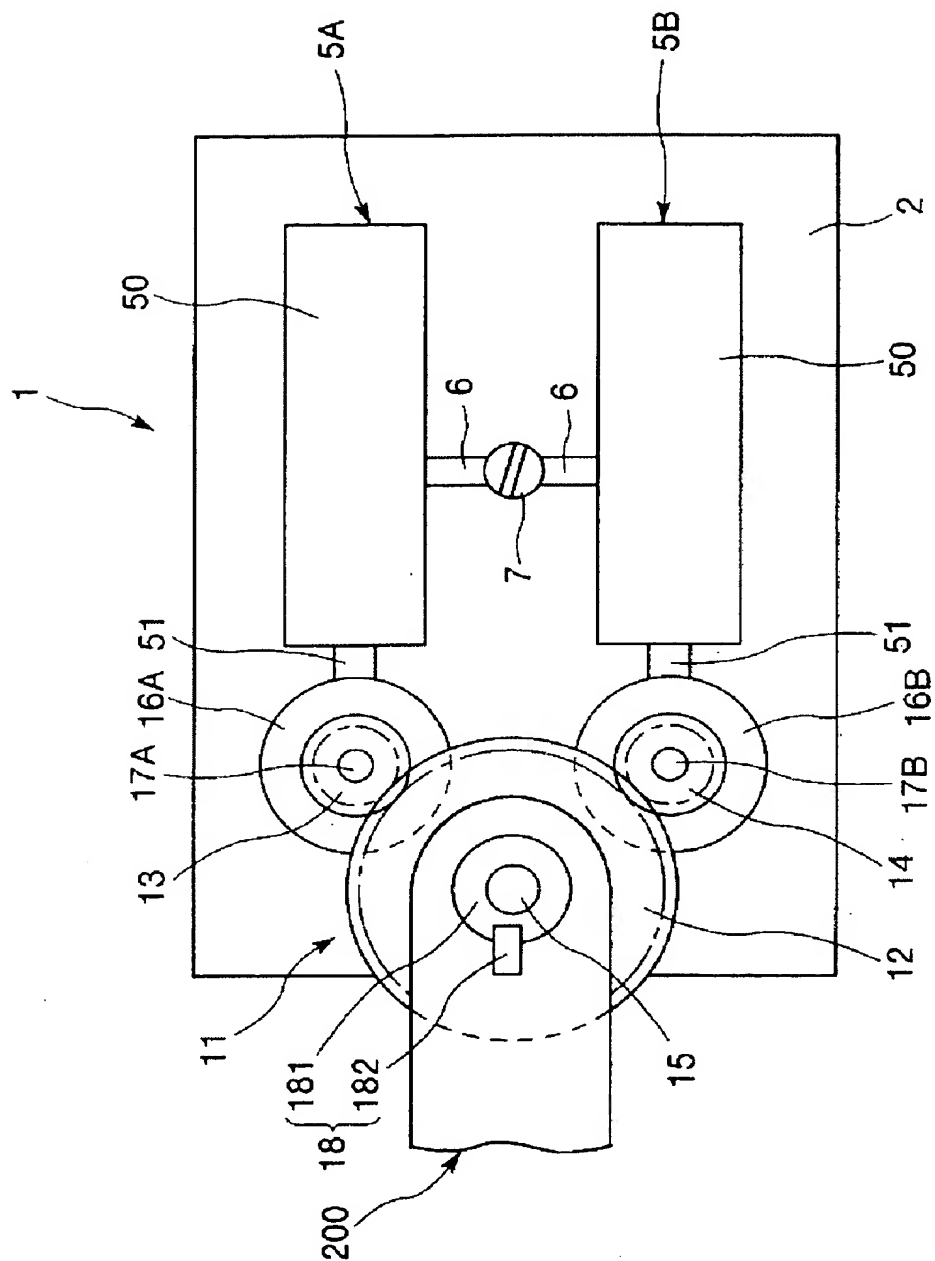
【図 9】



【図 10】



【図 11】



【書類名】 要約書**【要約】**

【課題】 簡単な構造で、小型化に有利であり、大きな駆動トルクを得ることができる駆動装置および稼動装置を提供する。

【解決手段】 本発明の駆動装置 1 は、少なくとも 1 つの被駆動体と、前記被駆動体を駆動する複数のアクチュエータ 5 A、5 B とを備え、前記各アクチュエータ 5 A、5 B は、電気／機械変換素子を備え、前記電気／機械変換素子に交流電圧を印加することにより振動して、前記被駆動体に駆動力を付与する振動体 5 0 で構成されており、前記各アクチュエータ 5 A、5 B を互いに協調させて前記被駆動体を駆動する。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 3 - 0 3 0 1 3 9
受付番号	5 0 3 0 0 1 9 4 8 6 1
書類名	特許願
担当官	第三担当上席 0 0 9 2
作成日	平成 1 5 年 2 月 7 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】	平成15年 2月 6日
-------	-------------

次頁無

特願 2 0 0 3 - 0 3 0 1 3 9

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 2 3 6 9]

1 . 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 0 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都新宿区西新宿 2 丁目 4 番 1 号

氏 名

セイコーエプソン株式会社